ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

1912 Г. ТОМЪ 13. № 5.

Наивысшіе слои земной атмосферы [1]).

Альфреда Вегенера.

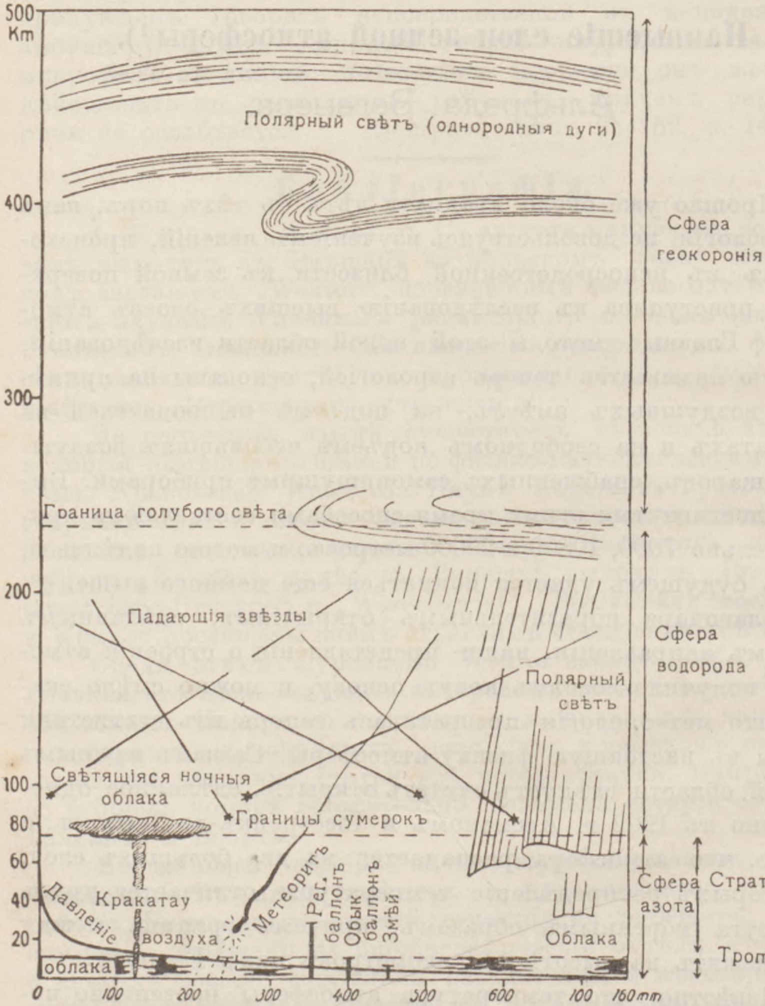
Прошло уже около двадцати лѣтъ съ тѣхъ поръ, какъ метеорологія, не довольствуясь изученіемъ явленій, происходящихъ въ непосредственной близости къ земной поверхности, приступила къ изслѣдованію высшихъ слоевъ атмосферы. Главные методы этой новой области изслѣдованій, которую называютъ теперь аэрологіей, основаны на примѣненіи воздушныхъ змѣевъ, на подъемѣ наблюдателей на аэростатахъ и на свободномъ подъемѣ небольшихъ воздушныхъ шаровъ, снабженныхъ самопишущими приборами. Высоты, достигнутыя этими тремя способами, составляютъ приблизительно 7000, 10800 и 29000 метровъ, и можно надѣяться, что въ будущемъ удастся подняться еще немного выше.

Благодаря поразительнымъ открытіямъ, сдѣланнымъ въ этомъ направленіи, наши представленія о строеніи атмосферы получили совсѣмъ новую основу, и можно смѣло сказать, что метеорологія превратилась теперь изъ статистики погоды въ настоящую физику атмосферы. Самымъ важнымъ въ этой области слѣдуетъ считать открытіе, сдѣланное одновременно въ 1902 г. Ассманомъ и Тэссеренкъ-де-Бортомъ, а именно, что атмосфера распадается на два большихъ слоя, въ которыхъ распредѣленіе температуры отличается другъ отъ друга кореннымъ образомъ, причемъ граница между ними лежитъ на высотѣ 11 километровъ надъ Европой.

Извѣстно, что температура атмосферы постепенно понижается по мѣрѣ поднятія вверхъ, и, какъ показалъ впервые лордъ Кельвинъ, это явленіе вызвано вертикальнымъ теченіемъ воздуха. Послѣдній при своемъ поднятіи расши-

[1]) Die Ersorschung der obersten Schichten der Erdatmosphäre von A. Wegener in Marburg. Himmel und Erde. 24. 289 (1912).

ряется, попадая въ слои болѣе низкаго давленія, а расширеніе это на основаніи газовыхъ законовъ влечетъ за собою постепенное охлажденіе. Прежде предполагали, что вызван-



Фиг. 1.

Разрѣзъ атмосферы.

ное этимъ обстоятельствомъ паденіе температуры продолжается до крайняго предѣла атмосферы, и что послѣдній лежитъ не выше 25 километровъ, такъ какъ на этой высотѣ

должна бы быть уже температура абсолютнаго нуля. Но представленія эти теперь окончательно опровергнуты вышеупомянутыми открытіями, такъ какъ изъ многихъ сотенъ показаній аэростатовъ съ самопишущими приборами вытекаетъ съ большою точностью и правильностью, что на высотѣ 11 километровъ паденіе температуры прекращается, и что всѣ вышележащіе слои обладаютъ вездѣ одной и той-же температурой. Температура падаетъ отъ средней температуры на земной поверхности въ $+8^0$ С. до -55^0 С. на высотѣ 11 километровъ и остается таковою вплоть до наивысшихъ уровней, достигнутыхъ до сихъ поръ (29 километровъ). По предложенію Тэссеренкъ-де-Борта нижній слой называютъ тропосферой, верхній—стратосферой.

Тропосфера представляетъ ту часть земной атмосферы, которая имѣетъ наибольшее значеніе для ученія о погодѣ, такъ какъ въ ней происходятъ всѣ явленія, которыя мы обнимаемъ общимъ названіемъ „погоды". Она заключаетъ въ себѣ всю шкалу облаковъ, расположенныхъ опредѣленными ярусами, и наивысшія изъ нихъ, cirrus, лежатъ у самаго верхняго ея предѣла. Она заключаетъ также тѣ громадные воздушные вихри, которые называются циклонами и антициклонами, которые обозначаются на нашихъ метеорологическихъ картахъ, и отъ которыхъ зависитъ все разнообразіе явленій погоды. Она заключаетъ, наконецъ, тотъ громадный обмѣнъ воздуха, который происходитъ между экваторомъ и полосами и который, какъ мы теперь видимъ, былъ не вполнѣ удобно названъ общимъ круговоротомъ атмосферы.

Стратосфера, напротивъ, вполнѣ свободна отъ облаковъ (если не считать образованныхъ послѣ взрыва вулкана Кракотау (1883 г.) „свѣтящихся ночныхъ облаковъ") и не принимаетъ, повидимому, никакого участія ни въ циклонныхъ вихряхъ, ни въ общемъ круговоротѣ воздуха. Зато, поскольку позволяютъ судить объ этомъ сравнительно немногочисленныя наблюденія въ ней, замѣчается все усиливающійся съ высотою восточный вѣтеръ, который, по своему направленію, вызванъ отставаніемъ верхнихъ слоевъ атмосферы отъ вращательнаго движенія земли, а это отставаніе слѣдуетъ объяснить треніемъ о газы, которые въ состояніи наи-

высшаго разрѣженія заполняютъ все междупланетное пространство [1]).

На этомъ кончается аэрологія. Но, какъ показываетъ бѣглый взглядъ на разрѣзъ атмосферы, изображенный на фиг. 1, надъ высотами, до которыхъ достигали наши самопишущіе приборы, лежатъ еще слои громадной мощности, въ сравненіи съ которыми слои, о которыхъ была до сихъ поръ рѣчь, почти ничтожны.

Но соотношеніе это совсѣмъ измѣняется, если принять въ разсчетъ различную плотность слоевъ. Уже на высотѣ 5 километровъ давленіе падаетъ до половины; значитъ, мы имѣемъ подъ собою—по массѣ—половину атмосферы, а на верхней границѣ тропосферы господствуетъ только $^1/_4$ атмосфернаго давленія, такъ что этотъ слой, несмотря на его ничтожную высоту, заключаетъ въ себѣ $^3/_4$ всей атмосферы. Но съ другой стороны нѣкоторыя свѣтовыя явленія, происходящія на высотѣ 200 и, пожалуй, даже 500 километровъ, свидѣтельствуютъ о томъ, что и на этихъ высотахъ атмосфера обладаетъ еще замѣтною плотностью.

Природѣ этихъ наивысшихъ, недоступныхъ аэрологіи слоевъ, посвященъ въ послѣднее время цѣлый рядъ интересныхъ изслѣдованій, на которыхъ я теперь и остановлюсь подробнѣе. Такъ какъ въ данномъ случаѣ мы не въ состояніи дать непосредственное толкованіе видимымъ свѣтовымъ явленіямъ, происходящимъ на этихъ громадныхъ высотахъ, то я считаю нелишнимъ сразу обратить вниманіе на то, что выводы наши, по сравненію съ непосредственными и надежными результатами аэрологіи, будутъ носить въ извѣстной степени гипотетическій характеръ.

Уже въ 1875 г. извѣстный вѣнскій климатологъ Ганнъ, послѣ того какъ Буссенго обнаружилъ слѣды водорода въ атмосферномъ воздухѣ, обратилъ вниманіе на то, что выше 100 километровъ атмосфера должна состоять изъ чистаго водорода. Долгое время наблюденіе Буссенго не находило дальнѣйшаго подтвержденія. Но какъ только Готье въ 1901 г. произвелъ новыя измѣренія, и показалъ, что воздухъ

[1]) Полное популярное изложеніе можно найти въ „Neuere Forschungen auf dem Gebiete der atmosphärischen Physik“ въ III томѣ Abderhaldens Fortschritte der naturwissenschaftlichen Forschung. (Berlin und Wien. 1911)

заключаетъ 0,02% водорода по объему (число это на основаніи критики Лорда Рэлея должно быть исправлено на 0,0033), то Ганнъ снова вернулся къ этому вопросу и на основаніи газовыхъ законовъ вычислилъ, что водородъ на высотѣ 50 километровъ долженъ составлять 14% по объему всей атмосферы, а на высотѣ 100 километровъ—99%. Необходимость этого слѣдствія легко себѣ уяснить. Различные газы воздуха обладаютъ у земной поверхности опредѣленными парціальными давленіями, сумма которыхъ составляетъ общее давленіе атмосферы, показываемое барометромъ. По газовымъ законамъ парціальное давленіе для каждаго газа должно убывать съ высотою тѣмъ быстрѣе, чѣмъ больше его плотность, другими словами для тяжелыхъ газовъ быстро, а для легкихъ медленно. Такимъ образомъ при поднятіи на достаточную высоту мы должны, наконецъ, достигнуть такой точки, гдѣ парціальное давленіе тяжелаго азота или кислорода начинаетъ уступать парціальному давленію водорода, которое, правда, въ началѣ было крайне низкимъ. Начиная съ этой высоты, водородъ становится главною составною частью атмосферы.

Ганнъ сразу понялъ большое значеніе разобранныхъ здѣсь соотношеній, но ему не хватало экспериментальнаго матеріала для провѣрки подчисленныхъ результатовъ. Но даже новое перечисленіе, произведенное въ 1909 г. Гумфри, который опирался на новыя и болѣе правильныя предположенія о распредѣленіи температуры по вертикалямъ, основанныя на вновь полученныхъ данныхъ о стратосферѣ, не подвинуло вопроса впередъ. Въ томъ-же году, независимо отъ этихъ теоретическихъ соображеній, я высказалъ предположеніе, что на высотѣ 70—80 километровъ должна существовать весьма рѣзко выраженная граница между слоями. Во-первыхъ, потому что по фотографическимъ измѣреніямъ Іессе высота эта отвѣчаетъ высотѣ свѣтящихся ночныхъ облаковъ, поверхность которыхъ, точно такъ-же, какъ и поверхность обыкновенныхъ слоистыхъ облаковъ (Status) внутри тропосферы, составляетъ граничную полосу; во вторыхъ, потому что здѣсь лежитъ верхній предѣлъ главной сумеречной дуги, т. е. воздухъ на этой высотѣ при прохожденіи черезъ него солнечнаго свѣта перестаетъ диффузно отражать

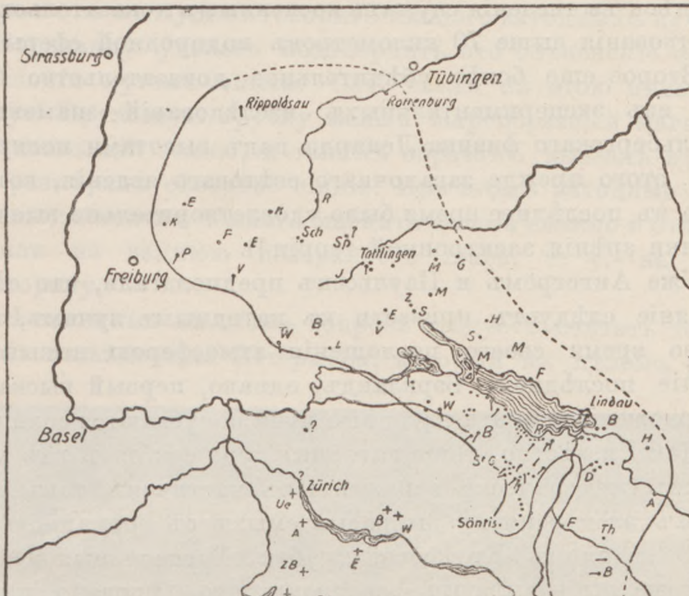
послѣдній. Предположеніе это перешло въ увѣренность, когда при перечисленіи теоретическихъ выводовъ Ганна оказалось, что какъ разъ на этой высотѣ долженъ лежать слой съ поразительно быстро мѣняющимся составомъ атмосферы.

Время принесло цѣлый рядъ въ высшей степени замѣчательныхъ и интересныхъ подтвержденій этого, на первый взглядъ парадоксальнаго предположенія о водородной сферѣ надъ нашими головами.

Первое изъ этихъ подтвержденій связано съ многократнымъ наблюденіемъ ненормальнаго звукового явленія, которое обнаружилось особенно рѣзко во время описаннаго Кэрвеномъ динамитнаго взрыва 15 ноября 1908 г. на Юнгфрауской желѣзной дорогѣ. Самое поразительное въ этомъ явленіи, это существованіе—кромѣ нормальнаго предѣла, до котораго доносилась звуковая волна изъ мѣста взрыва, какъ изъ центра сотрясенія,—еще втораго, ненормальнаго предѣла, захватывающаго гораздо болѣе обширную область, отдѣленную отъ первой „полосою тишины", шириною ровно въ 100 километровъ. Какъ видно изъ картограммы, изображенной на фиг. 2-й, нормальный предѣлъ, до котораго доносилась звуковая волна, достигаетъ 30 километровъ отъ его источника, но вся картограмма развита односторонне только въ сѣверномъ направленіи; слѣдующая дальше область тишины, въ которой не было слышно звука, достигаетъ 140 километровъ разстоянія отъ мѣста взрыва, а отсюда начинается вторая ненормальная, шириною въ 50 километровъ, которая охватываетъ по горизонту уголъ въ 80° съ Сѣвера на Востокъ, и въ которой былъ слышенъ взрывъ, причемъ внутренній край этой области выраженъ рѣзче внѣшняго.

Существованіе этой второй, ненормальной области, до которой доносился звукъ, фонъ-демъ-Борне объясняетъ отраженіемъ звука отъ разсматриваемаго нами граничнаго слоя атмосферы. Это основано на слѣдующемъ разсужденіи: такъ какъ скорость звука въ воздухѣ равна 330, а въ водородѣ—1280 метрамъ въ секунду, то въ случаѣ существованія рѣзкой границы, уже при углѣ паденія звуковаго луча на граничный слой въ 15° (опредѣляемаго изъ $\sin\alpha = \frac{V_1}{V_2}$) должно наступить полное внутреннее отраженіе, и лучъ, если до-

пустить его прямолинейное распространеніе, послѣ отраженія долженъ достигнуть земной поверхности на разстояніи 40 километровъ отъ источника звука. Съ внѣшней стороны отъ этого предѣла должна лежать вторая ненормальная зона звука безъ рѣзко выраженнаго предѣла. Когда-же фонъ-демъ Борне принялъ въ разсчетъ кривизну звуковыхъ лучей,



Фиг. 2.

Распространеніе звука при взрывѣ динамита 15 ноября 1908 г. на Юнгфрау, по де-Кервену.

вызванную паденіемъ температуры съ высотою въ тропосферѣ, и сверхъ того то обстоятельство, что оба газа въ предѣльномъ слоѣ разграничены не вполнѣ рѣзко, вслѣдствіе чего не можетъ быть рѣчи о настоящемъ отраженіи, а только о постепенномъ криволинейномъ перекатѣ звуковыхъ лучей,

то ему удалось показать, что вмѣсто вышевычисленнаго разстоянія въ 40 километровъ получается разстояніе отъ источника звука въ 120 километровъ. Безъ всякаго сомнѣнія это объясненіе явленій слѣдуетъ считать гораздо болѣе совершеннымъ, чѣмъ всѣ прежнія попытки, основанныя на перемѣнѣ направленія вѣтровъ съ высотою, и поэтому приведенныя здѣсь вычисленія служатъ косвеннымъ доказательствомъ существованія выше 70 километровъ водородной сферы.

Второе еще болѣе убѣдительное доказательство вытекаетъ изъ экспериментальныхъ изслѣдованій знаменитаго Гейдельбергскаго физика Ленарда надъ высотами полярнаго сіянія, этого прежде загадочнаго свѣтоваго явленія, которое только въ послѣднее время было удовлетворительно выяснено съ точки зрѣнія электронной теоріи[1]).

Уже Ангстрёмъ и Паульсенъ предполагали, что сѣверное сіяніе слѣдуетъ привести къ катоднымъ лучамъ, которые во время своего поглощенія атмосферою вызываютъ свѣченіе послѣдней. Бэркландъ, однако, первый высказалъ предположеніе, что эти катодные лучи испускаются солнцемъ.

Какъ извѣстно, такіе катодные лучи состоятъ изъ мельчайшихъ электрически заряженныхъ частичекъ, такъ называемыхъ электроновъ, выбрасываемыхъ съ громадною скоростью катодомъ Круксовой трубки. Раскаленныя до бѣла тѣла тоже выбрасываютъ электроны, что, вѣроятно, имѣетъ мѣсто и на солнцѣ. Разумѣется, эти катодные лучи въ большинствѣ случаевъ поглощаются самой солнечной атмосферой и такимъ образомъ задерживаются, но въ томъ случаѣ, когда раскаленныя облака фотосферы подымаются особенно высоко, что имѣетъ мѣсто въ яркихъ ея областяхъ, называемыхъ „факелами", электроны имѣютъ возможность свободно вылетать въ міровое пространство.

При этомъ безразлично, будутъ-ли это настоящіе катодные лучи, или-же другіе матеріальные лучи подобнаго рода. Какъ извѣстно, и β-лучи радія образованы, подобно катоднымъ лучамъ, изъ мельчайшихъ отрицательно заряженныхъ частичекъ, только выбрасываемыхъ съ гораздо большею скоростью, которая можетъ достигать почти ско-

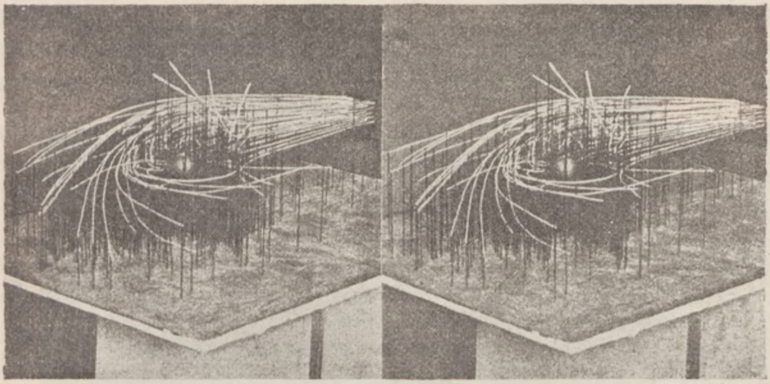
---

[1]) См. „Физическое Обозрѣніе", 1912 г., стр. 30.

рости свѣта; α-лучи радія представляютъ тоже весьма быстро движущіяся матеріальныя частички, зарядъ которыхъ положителенъ. Какъ только что было упомянуто, слѣдуетъ допустить, что въ сѣверномъ сіяніи принимаютъ участіе всѣ эти лучи и еще многіе другіе, которыхъ намъ до сихъ поръ еще не удалось воспроизвести въ лабораторіи[1]). Но здѣсь для простоты мы будемъ говорить только о катодныхъ лучахъ.

Бэркланду удалось подтвердить это объясненіе сѣвернаго сіянія путемъ опыта. Онъ ввелъ съ этою цѣлью въ большую Круксовую трубку малый шарообразный магнитъ, представляющій землю, и такимъ образомъ вызвалъ въ малыхъ размѣрахъ сѣверное сіяніе. При этомъ катодные лучи отклонялись полемъ земного магнита весьма сложно и отчасти попадали на заднюю поверхность шара, т. е. на ночную сторону.

Рѣшающими въ этомъ вопросѣ слѣдуетъ считать теоретическія изслѣдованія Штёрмера, который въ цѣломъ рядѣ

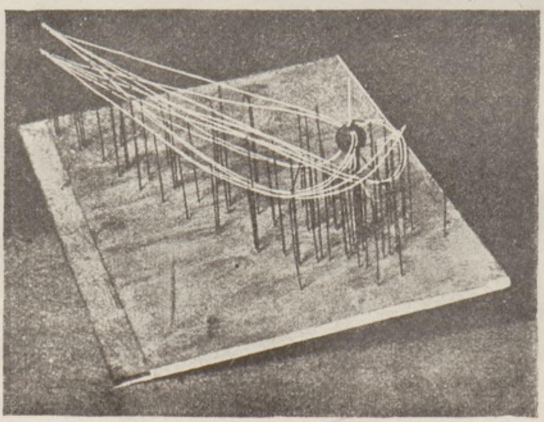


Фиг. 3.
Стереоскопическій снимокъ Штёрмера съ проволочной модели, изображающей ходъ катодныхъ лучей вблизи намагниченной земли.

---

[1]) Присутствіе положительно заряженныхъ лучей, (какъ α-лучи радія и анодные лучи) повидимому слѣдуетъ изъ временнаго появленія въ сѣверномъ сіяніи красныхъ свѣтовыхъ лучей, обусловленныхъ по Фогелю появленіемъ аноднаго спектра азота (линія 561 $\mu\mu$.), причемъ остальныя линіи отвѣчаютъ катодному спектру. При исключительномъ выбрасываніи отрицательныхъ элекроновъ, солнце должно бы непрерывно пріобрѣтать все возрастающій положительный зарядъ, что разумѣется невозможно.

работъ съ большою затратою труда вычислилъ кривыя, описываемыя въ пространствѣ электронами при ихъ отклоненіи земнымъ магнитизмомъ, чѣмъ поставилъ внѣ всякаго сомнѣнія изложенную здѣсь гипотезу о причинѣ сѣвернаго сіянія. Онъ построилъ наглядную проволочную модель этихъ кривыхъ, стереоскопическій снимокъ которой изображенъ на фиг. 3-й. На ней ясно виденъ магнитный земной шаръ, вокругъ котораго весьма разнообразно отклоняется пучекъ исходящихъ отъ солнца и вначалѣ параллельныхъ другъ другу катодныхъ лучей. Среди нихъ мы замѣчаемъ и такіе, которые окружаютъ землю, а именно въ плоскости магнитнаго экватора, образуя часто петли. Каждая изъ кривыхъ обладаетъ точкою наибольшаго приближенія къ земному шару, послѣ достиженія которой она опять удаляется отъ него. При этомъ, какъ доказалъ Штёрмеръ, существуютъ опредѣленныя направленія, для которыхъ точки поворота приходятся какъ разъ въ центрѣ земли, вслѣдствіе чего лучи пересѣкаютъ земную поверхность (фиг. 4). Чѣмъ больше мы



Фиг. 4.
Проволочная модель Штёрмера, представляющая направленіе катодныхъ лучей, пересѣкающихъ поверхность земли.

отъ нихъ удалимся, тѣмъ выше переходитъ точка поворота. При дальнѣйшемъ развитіи этой теоріи мы приходимъ къ весьма простому объясненію всѣхъ особенностей различныхъ формъ сѣвернаго сіянія, но на этомъ вопросѣ намъ трудно останавливаться здѣсь подробнѣе.

Послѣ этихъ предварительныхъ замѣчаній, которыми мы воспользуемся впослѣдствіи, необходимо вкратцѣ остановиться на измѣреніяхъ высотъ полярнаго сіянія, которыя являются основой для Ленардовской теоріи. До послѣдняго времени этотъ вопросъ былъ въ весьма плохомъ состояніи, въ виду чего прежніе результаты измѣреній высотъ столь ненадежны, что сначала лучше совсѣмъ ими не пользоваться. Причина ошибокъ кроется въ томъ, что при неизбѣжномъ для опредѣленія высоты измѣреніи угловъ съ двухъ конечныхъ точекъ линіи, служащей базою треугольника, даже при телефонномъ сообщеніи, нельзя никогда быть увѣреннымъ, что оба наблюдателя устанавливаютъ свои приборы на одну и ту же точку сѣвернаго сіянія, такъ какъ все это свѣтовое явленіе недостаточно рѣзко и постоянно. Этотъ источникъ ошибки можетъ быть теперь легко устраненъ, благодаря примѣненію фотограмметріи, позволяющей спокойно и точно произвести измѣренія на фотографическихъ пластинкахъ въ стереокомпараторѣ. Но примѣненіе фотограмметріи предполагаетъ возможность фотографированія сѣвернаго сіянія, а это въ виду слабой яркости и перемѣнчивости явленія достигнуто лишь въ самое послѣднее время. Башинъ



Фиг. 5.
Драперія сѣвернаго сіянія, снятая Штёрмеромъ.

и Брендель были первыми, которые болѣе или менѣе удачно сняли драперію сѣвернаго сіянія, и то только послѣ десятисекундной экспозиціи. Въ послѣднее время, благодаря примѣненію очень сильнаго кинематографическаго объектива и весьма чувствительныхъ пластинокъ, Штёрмеру удалось уменьшить время экспозиціи до 2 секундъ, что дало возможность фотографировать и быстро мѣняющіяся сѣверныя сіянія (фиг. 5). Онъ произвелъ такимъ образомъ 150 фотографическихъ измѣреній высотъ, которыя намъ дали первый удовлетворительный отвѣтъ на поставленный вопросъ; при этомъ оказалось, что крайнія высоты для сѣвернаго сіянія колеблются между 37 и 370 километрами, и что наиболѣе часто оно наблюдается на высотѣ 120 километровъ.

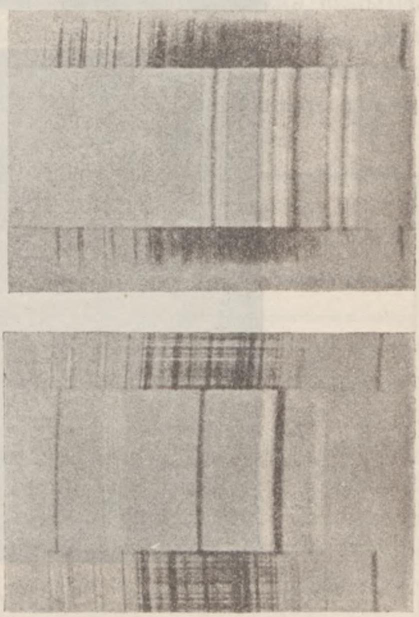
Для Ленардовской теоріи, къ которой мы теперь обращаемся, высоты больше 300 километровъ имѣютъ рѣшающее значеніе; существованіе-же ихъ съ несомнѣнностью доказано Штёрмеромъ. Ленардъ исходилъ изъ экспериментальныхъ изслѣдованій надъ предѣлами давленія въ газахъ, при которыхъ наблюдается частичная и полная абсорбція катодныхъ лучей, и пришелъ къ выводу о существованіи минимальнаго, вполнѣ опредѣленнаго давленія, ниже котораго уже не наблюдается никакого свѣтового явленія при поглощеніи катодныхъ лучей. Теперь является вопросъ, будетъ-ли давленіе атмосферы за предѣломъ 300 километровъ больше минимальнаго.

Пользуясь барометрической формулой для измѣренія высотъ, можно легко показать, что, при неизмѣнномъ составѣ воздуха, объ этомъ не можетъ даже быть рѣчи, такъ какъ вычисленное такимъ образомъ атмосферное давленіе для 300 километровъ значительно меньше минимальнаго давленія, допускающаго образованіе сѣвернаго сіянія. Но совсѣмъ иначе обстоитъ дѣло, если въ виду существованія верхней водородной сферы мы примемъ въ разсчетъ измѣненіе состава воздуха съ высотою; вслѣдствіе упомянутаго выше медленнаго измѣненія и давленія съ высотою въ водородѣ, мы получаемъ для большихъ высотъ значительно большія давленія, вполнѣ достаточныя по опытамъ Ленарда для возникновенія свѣтовыхъ явленій. Ленардъ приходитъ къ заключенію, что „наблюденіе сѣвернаго сіянія на высо-

тахъ больше 300 километровъ служитъ важнѣйшимъ доказательствомъ скопленія въ этихъ наивысшихъ слояхъ атмосферы легчайшихъ газовъ".

Третій критерій существованія верхняго водороднаго слоя даетъ намъ изслѣдованіе спектра сѣвернаго сіянія. Въ весьма интересной книжкѣ „Отъ земной атмосферы къ небесному пространству" [1]) Ферстеръ первый обратилъ вниманіе на то, что измѣненіе въ составѣ атмосферы должно обнаружиться при изслѣдованіи спектра сѣвернаго сіянія и одновременнымъ измѣреніи его высоты. Въ этомъ направленіи я сдѣлалъ первый шагъ и попытался, хотя можетъ быть пока не во всѣхъ случаяхъ вполнѣ удовлетворительно, примѣнить только что упомянутую точку зрѣнія къ толкованію имѣющихся у насъ наблюденій надъ спектромъ сѣвернаго сіянія, и я думаю, что этимъ впервые дана была возможность разобраться въ хаотическомъ накопленіи противорѣчивыхъ наблюденій и взглядовъ по этому вопросу.

Изъ измѣреній Штёрмера слѣдуетъ безспорно, что сѣверныя сіянія встрѣчаются, начиная съ наибольшихъ высотъ и до 40 километровъ надъ земною поверхностью, и такимъ образомъ часто опускаются изъ водородной сферы въ азотную.

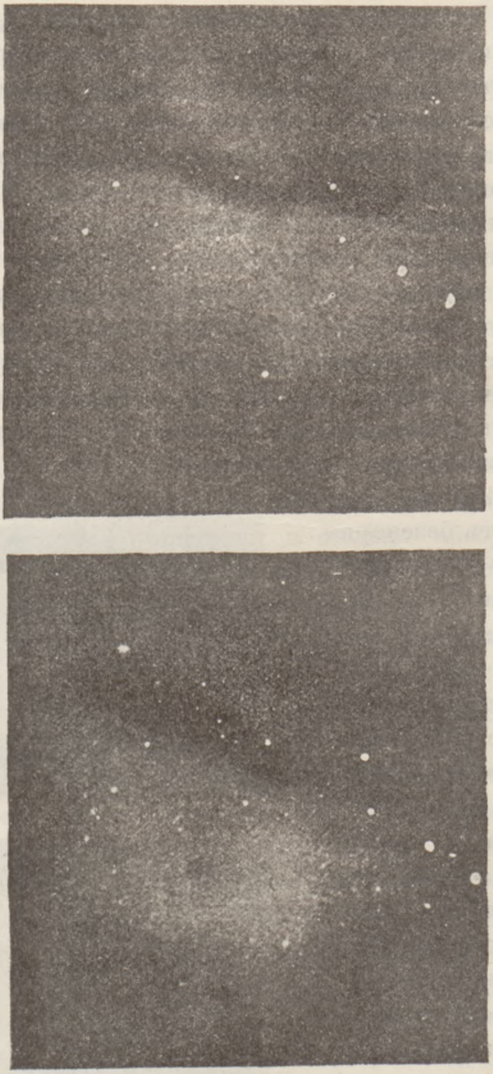


Фиг. 6.
Фотографія Паульсена. Внизу спектръ сѣвернаго сіянія; вверху спектръ азота.

И въ самомъ дѣлѣ, въ наиболѣе яркихъ нижнихъ частяхъ драперій на первый планъ выступаютъ спектральныя линіи азота, особенно на фотографированныхъ спектрахъ, въ виду того, что линіи эти расположены главнымъ образомъ въ фіолетовой части. Благодаря работамъ Па-

[1]) W. Förster. Von der Erdatmosphäre zum Himmelsraume. Berlin und Leipzig. 1906.

ульсена, присутствіе азотныхъ линій въ спектрѣ сѣвернаго сіянія можно считать теперь безспорно доказаннымъ. На фиг. 6-й



Фиг. 7.

Фотографическій двойной снимокъ Штёрмера съ полярнаго сіянія 1 марта 1910 г. въ 9 ч. 28 м. 48 сек. Экспозиція 20 сек. База 4,3 км. Параллаксъ $2^0,2$; высота 100 км.

изображена спектрограмма сѣвернаго сіянія, полученная Паульсеномъ во время его зимовки на Исландіи въ Аку-

рейри, а для сравненія съ нею приведена вверху спектрограмма азота, снятая тѣмъ-же приборомъ. Совпаденіе главныхъ линій, а именно съ длиною волны въ 428 и 391 μμ. на обѣихъ спектрограммахъ сразу бросается въ глаза; даже нѣкоторыя болѣе слабыя двойныя линіи въ спектрѣ азота могутъ быть, хотя и съ трудомъ, отысканы въ спектрѣ сѣвернаго сіянія. Въ послѣднемъ выступаетъ еще одна линія въ лѣвой части спектра, которая не принадлежитъ азоту; это такъ называемая „главная линія“ (557 μμ.), о которой будетъ рѣчь впереди.

Гораздо труднѣе доказать тѣ водородныя линіи, которыя выражены настолько слабо, что онѣ не запечатлѣваются даже на фотографическомъ спектрѣ. Однако, на основаніи окулярныхъ наблюденій, особенно-же наблюденій Карлгеймъ-Гилленшьёльда, присутствіе водородныхъ линій слѣдуетъ считать безспорно доказаннымъ; это относится въ особенности къ линіи 486 μμ., которая при данныхъ условіяхъ должна составлять главную линію водорода. Однако, самымъ интереснымъ является нижеслѣдующее сопоставленіе, сдѣланное Карлгеймъ-Гилленшьёльдомъ, которое показываетъ, что основаніе и вершина сѣвернаго сіянія отличаются другъ отъ друга спектроскопически:

Спектръ:	Число линій.	
	У вершины лучей.	У основанія лучей.
Воздуха	9	8
Азота у анода	2	4
„ „ катода	10	14
Водорода	3	1
Неизвѣстнаго газа . . .	8	4

Отсюда видно, что въ то время, какъ число (а здѣсь это равнозначно съ яркостью) азотныхъ линій уменьшается съ возрастаніемъ высоты, число водородныхъ линій увеличивается, и это вполнѣ соотвѣтствуетъ требованіямъ теоріи.

Здѣсь-же обратимъ еще вниманіе и на то, что число неизвѣстныхъ линій, къ которымъ относится и линія 557 μμ. возрастаетъ съ высотою.

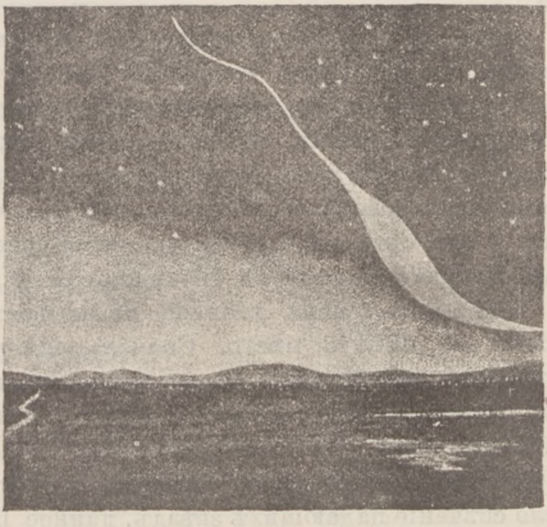
Перейдемъ теперь къ четвертому доказательству существованія верхняго водороднаго слоя, которое основывается на явленіи падающихъ звѣздъ и метеоровъ.

Въ этомъ вопросѣ главный интересъ ученыхъ сосредоточивался до сихъ поръ на вычисленіи астрономическаго пути, принадлежности къ нѣкоторымъ кометамъ и на петрографическихъ свойствахъ упавшихъ метеорныхъ обломковъ, самому-же свѣтовому явленію и тѣмъ слѣдствіямъ, которыя можно вывести изъ него о природѣ наивысшихъ слоевъ атмосферы, удѣляли обыкновенно весьма мало вниманія. Поэтому въ учебникахъ мы до сихъ поръ еще часто встрѣчаемъ совсѣмъ неправильное изложеніе этихъ явленій. Въ виду того, что явленія эти представляютъ большой интересъ не только для ученыхъ, но и для любителей, и могутъ доставить послѣднимъ благодарный матеріалъ для полезной научной дѣятельности, да будетъ мнѣ позволено остановиться на нихъ подробнѣе, хотя это и не будетъ въ соотвѣтствіи со сжатымъ изложеніемъ остальныхъ частей моего труда.

Падающія звѣзды и метеориты представляютъ наименьшія и чаще всего неправильной формы твердыя міровыя тѣла, падающія со скоростью около 50 километровъ въ секунду въ земную атмосферу. Часто еще встрѣчающееся представленіе о томъ, что они въ ней сгораютъ, неправильно, такъ какъ, по крайней мѣрѣ, слои атмосферы, приходящіе въ соприкосновеніе съ падающими звѣздами, какъ будетъ сейчасъ показано, не содержатъ кислорода. Свѣтовое явленіе вовсе не вызвано въ данномъ случаѣ „треніемъ", но происходитъ отъ того, что газы, находящіеся передъ метеоритомъ, въ виду громадной скорости послѣдняго, не успѣваютъ раздвинуться, вслѣдствіе чего они сжимаются и нагрѣваются. По той-же причинѣ ни сжатіе [1]), ни вызванная

[1]) Волны сжатія (звуковыя волны), какъ извѣстно, распространяются въ воздухѣ со скоростью 330 метровъ въ секунду, а наибольшая ихъ скорость въ водородѣ только 1280 метровъ въ секунду, такъ что вслѣдствіе большой скорости метеорита онѣ не поспѣваютъ за нимъ.

имъ теплота, за недостаткомъ времени не успѣваютъ выровняться и все возрастаютъ, вслѣдствіе чего воздухъ впереди метеорита сильно раскаляется. Самъ-же метеоритъ при этомъ вовсе не накаливается, такъ какъ однимъ давленіемъ нельзя вызвать повышенія температуры въ твердомъ тѣлѣ. Но нетрудно соообразить, что раскаленный воздухъ впереди метеорита долженъ дѣйствовать на него, какъ пламя сильной паяльной лампы, вслѣдствіе чего онъ на своей поверхности накаляется, плавится и даже испаряется. Такъ какъ продолжительность явленія крайне мала, то теплопроводность метеорита здѣсь не играетъ роли, и внутренность его можетъ еще долгое время сохранять ту низкую температуру, съ которой оно первоначально попало въ земную атмосферу.



Фиг. 8.

Огненный шаръ 29 апрѣля 1877 г, который былъ видѣнъ Норденшильдомъ въ Упсалѣ. Расширеніе свѣтового слѣда соотвѣтствуетъ вступленію въ атмосферу азота.

Такъ метеоритъ, упавшій 14 іюня 1860 г. около Дурмсала въ Остиндіи, вызывалъ при соприкосновеніи со свѣжей поверхностью его разлома болѣзненное ощущеніе холода. Въ большинствѣ-же случаевъ удавалось установить соприкосновеніемъ руки нагрѣваніе коры.

У падающихъ звѣздъ этотъ процессъ разрушенія заканчивается полнымъ распыленіемъ ихъ матеріи, превра-

щающейся какъ-бы въ облако, которое послѣ охлажденія представляется состоящимъ изъ тончайшей космической пыли. О нихъ можно сказать, что ихъ матерія погибаетъ раньше, чѣмъ исчерпывается ихъ скорость. Съ большими метеоритами обыкновенно происходитъ обратное: они заканчиваютъ свое существованіе взрывомъ; ихъ космическая скорость въ этотъ моментъ вполнѣ исчерпана, и они падаютъ во все болѣе и болѣе уплотняющійся воздушный покровъ со скоростью, опредѣляемой законами сопротивленія воздуха. Но эта скорость во столько разъ меньше начальной космической скорости, что лучше здѣсь прямо говорить о паденіи. Не смотря на это живая сила большихъ метеоритовъ столь громадна, что они могутъ зарываться въ землю на метръ и больше [1]).

Какъ видно изъ вышесказаннаго, все свѣтовое явленіе обусловливается въ сущности косностью атмосферныхъ газовъ, не разступающихся съ достаточною скоростью передъ быстро несущимися тѣлами. Въ виду того, что азотъ въ этомъ отношеніи значительно менѣе подвиженъ, чѣмъ водородъ, слѣдовало-бы ожидать значительнаго усиленія свѣтового явленія у метеоритовъ, глубже проникающихъ въ атмосферу, чѣмъ лежащій на высотѣ 70 километровъ ея граничный слой. Нижеприведенная таблица показываетъ, что въ самомъ дѣлѣ это имѣетъ мѣсто. Сначала слѣдуетъ намъ отдать себѣ отчетъ въ высотахъ, на которыхъ разыгрываются сравнительно болѣе слабыя свѣтовыя явленія, связанныя съ падающими звѣздами. Изъ многочисленныхъ наблюденій сдѣлаемъ небольшое сопоставленіе высотъ, между которыми происходило свѣченіе падающихъ звѣздъ, данное Брезиной [2]).

Между прочимъ здѣсь интересно замѣтить, что быстрѣе движущіяся и слѣдовательно болѣе яркія Леониды начинаютъ свѣтиться на большихъ высотахъ, чѣмъ Персеиды.

---

[1]) Совсѣмъ иначе должно протекать явленіе на лишенной атмосферы лунѣ, на которую метеориты падаютъ съ неуменьшенной космической скоростью. На это обстоятельство не обращаютъ достаточнаго вниманія противники той гипотезы, которая разсматриваетъ лунные кратеры, какъ мѣста паденія большихъ метеоритовъ.

[2]) Brezlna, Die Meteoriten vor und nach ihrer Ankunft auf der Erde; Vorträge d. Ver. z. Verbreit, naturwiss. Kenntnisse in Wien. Wien. 1893.

Найдено:	Высота загоранія.		Высота затуханія.	
	Километры.	Число наблюденій.	Километры.	Число наблюденій.
Ал. Гершель изъ наблюденій Брандеса и Бензенберга .	113	178	87	210
Г. А. Ньютонъ изъ наблюденій 1798—1863 гг. (включительно съ Гершельскими данными)	118	234	81	290
Секки изъ собственныхъ наблюденій . . .	120	27	80	27
Для отдѣльныхъ видовъ звѣздъ найдено:				
Вейсъ для Персеидъ (Августовскіе метеоры), Европа .	114,7	49	87,9	49
Ньютонъ для Персеидъ, Америка	112,4	89	90,1	39
Ньютонъ для Леонидъ (Ноябрскіе метеоры)	154,9	78	97,8	78
Вей для Леонидъ	132,5	4	79,8	4
	151,4	6	95,1	6

Въ общемъ изъ этихъ чиселъ можно заключить, что падающія звѣзды загораются и потухаютъ въ водородной сферѣ и не попадаютъ въ сферу азота.

Совсѣмъ иначе обстоитъ дѣло съ большими огненными шарами и метеорами, отличающимися гораздо большей яркостью свѣта и завершающими чаще всего, какъ было упомянуто, свое существованіе взрывомъ. Въ нижеслѣдующей таблицѣ, составленной г. фонъ-Нисслемъ на основаніи безупречныхъ наблюденій, приведены высоты надъ поверхностью земли, на которыхъ происходили эти взрывы.

Высоты взрыва метеоровъ:

12 февраля	1875 г.,	Гомстэдъ, Сѣв. Америка	3,7 км.
5 мая	1869 г.,	Крэенбергъ, Баварія	8,2 „

3 февраля	1882 г.,	Мочь, Семиградъ: надъ Мочемъ		8,4	км
"	"	надъ Гинлательκой .		14,4	"
13 декабря	1807 г.,	Вестонъ, Сѣв. Америка . . .		11,1	"
9 іюня	1866 г.,	Княгиня, Венгрія		11,9	"
13 іюня	1847 г.,	Браунау, Богемія . . .	ниже	14,8	"
15 іюня	1878 г.,	Тишицъ, Моравія . . .	около	20,0	"
14 мая	1864 г.,	Оргейль, Франція		23,0	"
19 іюня	1876 г.,	Стэльдаленъ, Швеція		40,8	"
30 января	1868 г.,	Пултускъ, Польша		41,5	"
26 мая	1751 г.,	Грашина, Аграмъ, Кроація . .		46,7	"

Въ виду того, что граница между азотными и водородными слоями лежитъ на высотѣ 70 километровъ, изъ приведенныхъ чиселъ можно заключить, что до наступленія взрыва метеориты погружались по крайней мѣрѣ на 20 километровъ въ атмосферу азота. Слѣдуетъ замѣтить, что большіе метеоры во время своего движенія сквозь атмосферу водорода свѣтятся весьма слабо, и только послѣ перехода пограничнаго слоя яркость ихъ начинаетъ сильно возрастать. Такъ напримѣръ, большой огненный шаръ 12 марта 1899 г. былъ наблюдаемъ въ Ригѣ сначала, какъ падающая звѣзда, и только нѣкоторое время спустя яркость его возрасла чрезвычайно сильно. Явленіе это воспроизведено на фиг. 8-й и 9-й. На послѣдней, фотографическая пластинка не была достаточно чувствительной для воспроизведенія начальной стадіи, которая поэтому отмѣчена весьма слабо.



Фиг. 9

Фотографія огненнаго шара, сдѣланная Бутлеромъ.

Причина взрыва большихъ метеоровъ до сихъ поръ не вполнѣ выяснена. Можно, напримѣръ, допустить, что при несимметрической формѣ метеора сопротивленіе воздуха вызываетъ вращеніе вокругъ оси, совпадающей съ направленіемъ движенія, и что это постоянно возрастающее вращеніе ведетъ наконецъ къ разрыву метеора вслѣдствіе центробѣж-

ной силы. Вращеніемъ тоже слѣдуетъ объяснить винтовую форму траекторіи, по которой мчатся метеориты. Оно ясно выступаетъ на фиг. 8-й, а еще лучше на фиг. 10-й, на которой, благодаря нанесеннымъ секунднымъ дѣленіямъ (θ), нетрудно замѣтить кромѣ того замедленіе движенія. Послѣ взрыва можно еще прослѣдить движеніе наибольшаго обломка, но путь его уже прямолинеенъ. Нѣтъ однако, ничего недопустимаго въ предположеніи, что взрывъ тѣсно связанъ съ тѣми явленіями, которыя выступаютъ въ тотъ моментъ, когда скорость метеора становится равной скорости звука. Въ баллистикѣ уже давно извѣстно, что при приращеніи сопротивленія воздуха съ возрастающей скоростью ядра наступаетъ разрывъ функціи, когда скорость ядра дѣлается какъ разъ равной скорости звука. При большихъ скоростяхъ ядра, волна сжатія остается позади ядра, при меньшихъ скоростяхъ она опережаетъ его, такъ что дѣйствіе не можетъ возрастать до любого предѣла; послѣднее, однако, наступаетъ въ томъ случаѣ, если ядро обладаетъ скоростью звука. Тогда съ точки зрѣнія теоріи образовавшаяся волна сжатія должна непрерывно возрастать и сдѣлаться въ концѣ безконечной. Поэтому возможно, что сопротивленіе воздуха, превысивъ въ этотъ моментъ силы сцѣпленія метеора, раздробляетъ его.

Но особенный интересъ для насъ представляютъ спектроскопическія наблюденія надъ метеорами. Свѣтовое явленіе вызвано не только раскаленнымъ метеоромъ, дающимъ сплошной спектръ, но и раскаленнымъ газомъ, спектроскопическое изслѣдованіе котораго должно намъ дать прямое указаніе на природу атмосферныхъ газовъ на соотвѣтственныхъ высотахъ. Къ несчастію, нельзя предугадать появленія метеора и приготовиться къ нему: поэтому возможность спектроскопическаго наблюденія всецѣло зависитъ здѣсь отъ счастливаго случая. Такихъ случаевъ было три, когда спектры метеоровъ были сняты при помощи такъ называемой объективной призмы. Пикерингъ, которому посчастливилось сдѣлать одинъ изъ этихъ



Фиг. 10.
Виитовой путь метеора по Зильберману (Парижъ, 1860 г.).

снимковъ, нашелъ на немъ линіи водорода; Блажко, которому удалось получить оба остальные, нашелъ линіи азота. Къ сожалѣнію, во всѣхъ этихъ случаяхъ высоты остались неизвѣстными.

Спектроскопа, разумѣется, нельзя имѣть всегда подъ рукой, но за то спектръ обнаруживается также и въ цвѣтѣ метеора. Если въ будущемъ станутъ удѣлять этому обстоятельству достаточно вниманія, то, пожалуй, удастся, наконецъ, опредѣлить высоту, на которой происходитъ въ высшей степени характерная перемѣна цвѣта, сопровождающая, очевидно, переходъ изъ водороднаго слоя въ азотный. Если-бы высота эта оказалась, какъ слѣдуетъ ожидать, равной приблизительно 70 километрамъ, то это дало бы новое вѣское доказательство въ пользу высказанныхъ здѣсь взглядовъ.

Перемѣна цвѣта метеоровъ наблюдалась довольно часто. Въ водородномъ слоѣ метеоръ даетъ зеленоватый свѣтъ, описываемый часто какъ синеватый, соотвѣтствующій, вѣроятно, наиболѣе яркой водородной линіи въ земной части спектра 486 μμ. [1]); въ азотномъ-же слоѣ цвѣтъ его становится краснымъ соотвѣтственно главной красной линіи азота 631 μμ.

Здѣсь я приведу нѣсколько примѣровъ. Кёрберъ, описывая метеоръ 16 ноября 1902 г., выражается такъ: „цвѣтъ его въ большинствѣ случаевъ обозначался какъ зеленовато-бѣлый, а иногда какъ синевато-бѣлый, переходящій по замѣчанію нѣкоторыхъ въ послѣдней части траекторіи въ красноватый“. Высота взрыва была здѣсь около 60 км.; неудивительно поэтому, что появлявшееся только въ самомъ концѣ красное окрашиваніе многими не было замѣчено. Брезина, описывая изображенный на фиг. 8-й огненный шаръ 29 апрѣля 1876 г., говоритъ: „ясно видна первая нитевидная зеленоватая часть, описываемая метеоромъ въ стадіи падающей звѣзды, и слѣдующій за ней значительно расширенный кровяно-красный слѣдъ огненнаго шара на небѣ“. Такъ какъ въ этомъ случаѣ взрывъ произошелъ на высотѣ 35 километровъ, то значительная часть троекторіи метеора должна была лежать въ азотномъ слоѣ. Позвольте мнѣ привести еще третій примѣръ,

[1]) Цвѣтъ послѣдней представляетъ переходъ отъ зеленаго къ синему и носитъ весьма характерное названіе „павлиньяго цвѣта“.

[2]) Mitt. d. Ver. von Freunden der Astron. u. kosm. Phys. 13, Heft 1.

который у меня какъ разъ подъ руками. Гепке[1]) описываетъ появившийся на первый день Рождества 1897 г. огненный шаръ слѣдующими словами: „метеоръ, вначалѣ зеленовато-бѣлый, сталъ подъ конецъ ярко-краснымъ“. Разумѣется, если внимательно просмотрѣть всю литературу о метеорахъ, можно привести еще цѣлый рядъ новыхъ примѣровъ, но пока достаточно и приведенныхъ, чтобы обратить вниманіе читателя на особенности этого явленія, которыя до сихъ поръ оставались скрытыми передъ глазами спеціалистовъ.

Убѣдительность всѣхъ вышеприведенныхъ разнообразныхъ доказательствъ настолько сильна, что наибольшій скептикъ долженъ ей уступить, и потому существованіе на большихъ высотахъ надъ земною поверхностью слоя горючаго газа, какъ бы оно ни казалось парадоксальнымъ, можно теперь считать безспорно доказаннымъ. Но критическое изслѣдованіе, въ особенности сѣвернаго сіянія, ведетъ насъ еще дальше.

Въ моихъ „Изслѣдованіяхъ о природѣ наивысшихъ слоевъ атмосферы“[2]) я пришелъ къ заключенію, что въ составѣ наивысшихъ слоевъ атмосферы, кромѣ водорода, долженъ принимать участіе еще другой неизвѣстный газъ, легче водорода, который начиная приблизительно съ 200 километровъ высоты становится главною, а еще выше—единственною составною частью атмосферы. Въ сферѣ этого газа, для котораго въ виду его близости съ неизвѣстнымъ еще газомъ солнечной атмосферы, короніемъ, я предложилъ названіе „геокоронія“, должны образовываться наивысшія сѣверныя сіянія, характеризуемыя зеленой спектральной линіей съ длиною волны 557 $\mu\mu$., такъ называемой „главною линіею сѣвернаго сіянія“, и въ ней также, вѣроятно, должны разыгриваться явленія, извѣстныя подъ названіемъ зодіакальнаго свѣта.

Ходъ мыслей, приведшій насъ къ этому заключенію, основанъ на томъ, что для извѣстнаго класса сѣверныхъ сіяній, такъ называемыхъ однородныхъ полярныхъ дугъ, отличающихся особеннымъ спокойствіемъ, были найдены весьма большія вы-

[1]) Meteorologische Zeitschrift. 1898. стр. 74.

[2]) Physikalische Zeitschrift, 12, 170—178 и 214—222 (1911).

соты[1]). Паульсенъ совмѣстно съ Лакуромъ попытался въ Акурейри на Исландіи опредѣлить эти высоты тригонометрически, причемъ оказалось, „что даже при допущеніи ошибокъ въ установкѣ, которыя безъ сомнѣнія были довольно значительны, слѣдуетъ допустить, что этотъ видъ полярныхъ сіяній происходитъ на высотѣ по крайней мѣрѣ отъ 400 до 500 километровъ надъ земною поверхностью". Спектръ этихъ сіяній до сихъ поръ еще не былъ спеціально изслѣдованъ, но изъ наблюденій Лакура безспорно слѣдуетъ, что онъ въ сущности состоитъ изъ одной лишь линіи 557 μμ., именно вышеупомянутой „главной линіи сѣвернаго сіянія", безъ примѣси водородныхъ и азотныхъ линій. Весьма тщательныя наблюденія Карлгеймъ-Гилленшьёльда подтверждаютъ, какъ мнѣ удалось показать, эту закономѣрность самымъ точнымъ образомъ. Но этимъ доказано, что главная линія сѣвернаго сіянія (557 μμ.) обязана своимъ происхожденіемъ газу, занимающему въ наивысшихъ слояхъ атмосферы мѣсто надъ водороднымъ слоемъ. На этомъ основаніи слѣдуетъ отказаться отъ гипотезы Гюгинса, Рамсея, Шустера и др.. отождествляющей главную линію сѣвернаго сіянія съ главной линіей криптона, не смотря на то, что эти линіи совпадаютъ въ предѣлахъ ошибки. Вѣдь криптонъ вслѣдствіе своей весьма значительной плотности можетъ находиться только въ самыхъ низкихъ слояхъ атмосферы.

Предположеніе, что линію сѣвернаго сіянія слѣдуетъ приписать весьма легкому газу, было уже высказано Шейнеромъ. Оно находитъ тоже подтвержденіе въ теоретическихъ изслѣдованіяхъ, связанныхъ съ періодической системой элементовъ знаменитаго русскаго химика Менделѣева, который пришелъ къ заключенію, что долженъ еще существовать одноатомный газъ легче водорода съ атомнымъ вѣсомъ около 0,4.

Я принялъ это число для молекулярнаго[2]) вѣса геокоронія и сдѣлалъ еще второе предположеніе, что выше 200 километровъ онъ становится преобладающей составной частью атмосферы, на высотѣ-же 200 километровъ его порціальное

---

[1]) Штёрмеръ повидимому не измѣрялъ ихъ вовсе, или-же крайне рѣдко.

[2]) Какъ для всѣхъ одноатомныхъ газовъ, атомный вѣсъ геокоронія равенъ его молекулярному вѣсу.

давленіе равно порціальному давленію водорода. Предложенія эти позволили мнѣ принять въ разсчетъ геокороній при вычисленіи состава атмосферы. Второе изъ вышеупомянутыхъ предположеній находитъ свое оправданіе въ наблюденіяхъ Зее надъ сумерками, который аналогично тому, какъ заключаютъ изъ предѣльной высоты главной сумерочной дуги о существованіи граничнаго слоя атмосферы на высотѣ 70 километровъ, на основаніи наблюденной имъ высоты слабаго синеватаго цвѣта, слѣдующаго за сумерками, былъ принужденъ допустить существованіе новаго предѣльнаго слоя на высотѣ 214 километровъ; наконецъ, то обстоятельство, что свѣченіе падающихъ звѣздъ начинается на высотѣ 150, въ крайности-же 200 километровъ, указываетъ на то, что между этими предѣлами болѣе плотный водородъ начинаетъ выдѣлять болѣе легкій геокороній.

Если теперь послѣ этихъ допущеній относительно геокоронія мы приступимъ къ вычисленію состава атмосферы на различныхъ высотахъ, основываясь на приведенномъ въ



Фиг. 11.
Изображеніе атмосферы на разныхъ высотахъ.

таблицѣ 1-й составѣ атмосферы у земной поверхности, то получимъ числа, приведенныя въ таблицѣ 2 й и послужившія къ графическому построенію измѣненія состава атмосферы съ высотою (фиг. 11). Чтобы опредѣлить по этой діаграммѣ

Таблица 1-я. Составъ воздуха у земной поверхности.

	Молекулярн. вѣсъ	Объемные проценты.
Геокороній (одноатомн.)	0,4	Около 0,00058 (гипотетич.).
Водородъ H_2	2,02	„ 0,0033 (Готье-Рэлей).
Гелій He	4,0	„ 0,0005 (Клодъ).
Вода H_2O	18,02	Перемѣн. 0—4.
Неонъ Ne	20,0	„ 0,0015 (Клодъ).
Азотъ N_2	28,02	„ 78,06 (Ледюкъ).
Кислородъ O_2	32,00	„ 20,90
Аргонъ Ar	39,9	„ 0,937
Углекислота CO_2 . . .	44,0	„ 0,029 (перемѣн.).
Озонъ O_3	48,0	Слѣды (Тьерри).
Криптонъ Kr	83,0	Около 0,0001.
Ксенонъ Xe	130,7	„ 0,000005.

Таблица 2-я. Составъ воздуха на различныхъ высотахъ (въ объемныхъ процентахъ).

Высота км.	Давленіе воздуха мм.	Геокороній.	Водородъ.	Гелій.	Азотъ.	Кислородъ.	Азотъ.
0	760	0,00058	0,0033	0,0005	78,1	20,9	0,937
20	41,7	0	0	0	85	15	0
40	1,92	0	1	0	88	10	—
60	0,106	5	12	1	77	6	
80	0,0192	19	55	4	21	1	
100	0,0128	29	67	4	1	0	
120	0,0106	32	65	3	0	—	
140	0,00900	36	62	2	—		
200	0,00581	50	50	1			
300	0,00329	71	29	0			
400	0,00220	85	15	—			
500	0,00162	93	07				

составъ атмосферы на любой высотѣ, проводятъ черезъ послѣднюю горизонтальную прямую; отрѣзки послѣдней, соотвѣтствующіе различнымъ областямъ распространія газовъ, позволяютъ непосредственно отсчитать составъ атмосферы на земной высотѣ въ объемныхъ процентахъ.

Болѣе тяжелые газы, какъ углекислота, неонъ, криптонъ, ксенонъ и азонъ, никогда не достигаютъ 1% состава атмосферы и поэтому опущены; равнымъ образомъ и водяной паръ, къ которому всѣ вышеприведевныя разсужденія, въ виду образованія облаковъ, непримѣнимы.

Послѣ всего вышесказаннаго я думаю, что незачѣмъ спеціально останавливаться на томъ, что приведенныя числа ничуть не претендуютъ на точность и предназначены только для того, чтобы представить картину явленія въ самыхъ общихъ чертахъ. А это они выполняютъ вполнѣ удовлетворительно, такъ какъ, даже въ случаѣ значительныхъ ошибокъ въ опредѣленіи исходныхъ величинъ, картина явленія нисколько не мѣняется. Въ особенности медленность втораго главнаго измѣненія при переходѣ отъ водорода къ геокоронію, представляющаго вполнѣ отличную картину отъ рѣзкаго пограничнаго слоя на высотѣ 70 километровъ, слѣдуетъ считать результатомъ вполнѣ независящимъ отъ, быть можетъ, неправильныхъ числовыхъ данныхъ, принятыхъ нами для геокоронія, такъ какъ медленность эта обусловлена исключительно весьма малой плотностью водорода. Но этимъ какъ разъ объясняются нѣкоторыя особенности спектра сѣвернаго сіянія. Въ виду того, что нѣтъ уже больше чистой водородной сферы (наибольшее содержаніе водорода не достигаетъ 70%), то весьма вѣроятно, что водородныя линіи будутъ выражены въ спекрѣ сравнительно слабо. Съ другой стороны, геокорній начинаетъ исчезать только ниже 60 километровъ, поэтому понятно, отчего почти никогда не наблюдаютъ такого сѣвернаго сіянія, которое не даетъ въ своемъ спектрѣ главной зеленой линіи.

На основаніи вышеприведенныхъ чиселъ слѣдуетъ ожидать, что и воздухъ у земной поверхности долженъ содержать слѣды геокоронія, приблизительно $^6/_{10000}$ процента по объему. Хотя содержаніе это ничтожно, но непрерывный прогрессъ въ усовершенствованіи методовъ дробной пере-

гонки воздуха позволяетъ надѣяться, что со временемъ удастся, пожалуй, рѣшить экспериментально вопросъ о присутствіи этого газа въ нашей атмосферѣ. Во всякомъ случаѣ до тѣхъ поръ, пока вопросъ этотъ не будетъ рѣшенъ, всѣ наши представленія о природѣ наивысшихъ атмосферныхъ слоевъ будутъ носить болѣе или менѣе гипотетическій характеръ.

Въ заключеніе, пусть мнѣ будетъ позволено остановиться на нѣкоторыхъ космическихъ аналогіяхъ, вытекающихъ изъ всего вышеизложеннаго, хотя, разумѣется, это будутъ только взгляды, а не положительные результаты. Разсмотрѣнныя здѣсь отношенія намекаютъ на весьма близкую аналогію между атмосферами земли и солнца. Вѣдь и въ послѣдней мы замѣчаемъ надъ рѣзко ограниченнымъ съ обѣихъ сторонъ водороднымъ слоемъ — „хромосферою", другой болѣе легкій газъ, короній, образующій весьма мощный слой, такъ называемую корону, которую можно наблюдать только при полныхъ солнечныхъ затменіяхъ. Дальше плотность этого газа должна быть крайне малой, ибо, какъ извѣстно, кометы 1680 г., 1843 г. I, 1880 г. I, 1882 г. II и 1887 г. I прошли черезъ корону безъ всякаго сопротивленія, по крайней мѣрѣ его не удалось обнаружить, подобно тому какъ падающія звѣзды и метеоры проходятъ безъ сопротивленія черезъ геокороній и начинаютъ свѣтиться только въ водородѣ.

Въ виду этой совершенной аналогіи мы безъ сомнѣнія имѣемъ право отождествить неизвѣстный газъ земной атмосферы съ равнымъ образомъ неизвѣстнымъ газомъ солнечной короны. Въ виду возможности этого тождества и было выбрано временное названіе „геокороній". Но пока отождествленіе обоихъ газовъ встрѣчаетъ еще нѣкоторыя трудности, такъ какъ короній солнца характеризуется спектральной линіей 532 $\mu\mu$., между тѣмъ какъ спектральная линія сѣвернаго сіянія отвѣчаетъ длинѣ волны въ 557 $\mu\mu$. Но если принять въ соображеніе, что всѣ элементы обладаютъ многими, часто различными спектрами, и что въ особенности спектры вольтовой дуги, электрической искры, пламени и Гейслеровской трубки въ общемъ отличаются другъ отъ друга, то, очевидно, изъ различія спектровъ нельзя еще заключить о раз-

личіи газовъ, тѣмъ болѣе, что въ случаѣ сѣвернаго сіянія мы имѣемъ дѣло съ электрическимъ свѣченіемъ, въ солнечной-же коронѣ свѣченіе вызвано высокой температурой. Поэтому слѣдуетъ подождать, пока не будутъ найдены еще другія линіи въ спектрѣ обоихъ газовъ.

Практическія занятія по физикѣ въ средней общеобразовательной школѣ [1]).

П. А. Знаменскаго.

Физика, являясь, несомнѣнно, наиболѣе совершенной областью естествознанія, должна и можетъ играть видную роль въ средней общеобразовательной школѣ. За это говоритъ ея богатое содержаніе, въ этомъ служатъ порукой тѣ разнообразные пріемы и методы, которые такъ ярко выдѣляютъ физику въ ряду другихъ наукъ о природѣ.

О высокихъ образовательныхъ и воспитательныхъ цѣнностяхъ физики, однако, можно говорить лишь при условіи опредѣленной постановки этого предмета въ средней школѣ.

Прежній способъ преподаванія, когда единственными источниками знаній для учащихся были слова преподавателя и книга, когда все рѣшали „мѣлъ и доска", а уроки физики зачастую обращались въ уроки математики, теряетъ окончательно почву подъ ногами не только за границей, но и у насъ въ Россіи. Дѣйствительныхъ знаній, живого интереса къ предмету у учащихся не могло быть, пока господствовалъ догматическій, отвлеченный методъ преподаванія, такъ мало отвѣчающій духу истиннаго естествознанія. Рядъ положеній, воспринятыхъ юношей, но не ставшихъ для него даже фактами вслѣдствіе отсутствія опыта, этого единственнаго источника истиннаго знанія, даетъ лишь обильную пищу для безплодной діалектики, обременяетъ память ученика, но совершенно не даетъ пониманія и не вырабатываетъ привычки самостоятельнаго и независимаго сужденія.

---

[1]) Докладъ на второмъ Менделѣевскомъ съѣздѣ, сдѣланный въ засѣданіи дидактической секціи 24 декабря 1911 г.

Естественно, что кличъ современной школы—возможно большая, возможно полная наглядность. Только руководясь принципомъ наглядности и осуществляя ее разнообразными путями, можно сдѣлать физику и со стороны ея содержанія, и со стороны ея методовъ цѣннымъ орудіемъ въ достиженіи школой ея образовательныхъ и воспитательныхъ задачъ.

Какъ провести въ физикѣ принципъ наглядности, что выбрать для курса физики, какъ распредѣлить матеріалъ по классамъ и возрастамъ и по ряду другихъ вопросовъ, имѣющихъ немаловажное значеніе, на это далеко еще не установилось опредѣленныхъ мнѣній. „Методики физики еще не существуетъ". Тѣмъ не менѣе, многое въ этомъ направленіи уже сдѣлано.

Среди другихъ методическихъ вопросовъ, выдвинутыхъ за послѣднее время, особенно ярко выдѣлился вопросъ объ организаціи для учащихся практическихъ занятій по физикѣ.

Признавая эти занятія чрезвычайно важнымъ элементомъ въ школьномъ дѣлѣ, педагогическая, особенно нѣмецкая литература, а въ послѣднее время и русская, удѣляютъ вопросу о самостоятельныхъ работахъ учащихся по физикѣ большое вниманіе. Во многихъ школахъ практическія занятія уже организованы, для другихъ организація такихъ занятій лишь вопросъ времени.

Цѣль настоящаго доклада—разсмотрѣть этотъ вопросъ въ его современной постановкѣ.

I.

Практическія занятія по физикѣ и химіи раньше другихъ странъ нашли себѣ признаніе въ Сѣверной Америкѣ и Англіи, гдѣ лабораторныя занятія для учащихся въ нѣкоторыхъ среднихъ школахъ были организованы еще въ началѣ 80-хъ годовъ прошлаго столѣтія. Въ 90-хъ годахъ, благодаря почину конференціи 1892 г. американскихъ профессоровъ и педагоговъ и Британской ассоціаціи наукъ, такія занятія были введены уже въ цѣломъ рядѣ американскихъ и англійскихъ школъ. Въ теченіе послѣдующихъ лѣтъ вопросъ былъ всесторонне освѣщенъ на цѣломъ рядѣ кон-

грессовъ и конференцій, и въ настоящее время въ американскихъ и англійскихъ школахъ въ основу преподаванія не только физики и естественныхъ наукъ, но и математическихъ дисциплинъ, положена хорошо обоснованная и подробно разработанная система практическихъ занятій.

На европейскомъ континентѣ движеніе всего сильнѣе сказалось въ Германіи, но до 1890 г. можно отмѣтить лишь единичныя попытки, предпринятыя въ нѣкоторыхъ учебныхъ заведеніяхъ. Первымъ значительнымъ толчкомъ, послужившимъ къ дальнѣйшему развитію практическихъ занятій, былъ докладъ проф. Швальбе, прочитанный имъ въ 1890 г. на съѣздѣ нѣмецкихъ натуралистовъ и врачей въ Бременѣ. Въ этомъ докладѣ проф. Швальбе, опираясь на опытъ американскихъ и англійскихъ школъ, предлагалъ ввести лабораторныя упражненія по физикѣ въ нѣмецкихъ среднихъ школахъ, ограничиваясь на первое время однимъ или двумя старшими классами. Такія занятія самъ Швальбе организовалъ въ 1892 г. въ Доротеевской реальной гимназіи въ Берлинѣ. Г. Ганъ, замѣстившій вскорѣ Швальбе, довелъ въ Доротеевской гимназіи систему практическихъ занятій до значительной степени совершенства. Практическія занятія, которыя вначалѣ были необязательны, ограничивались нѣсколькими классами и велись съ мало пригодными для такихъ занятій приборами, обычно имѣющимися во всякомъ физическомъ кабинетѣ, затѣмъ были введены въ качествѣ обязательной нормы. Гану и его сотрудникамъ удалось выработать типъ работъ, наиболѣе подходящихъ для средней школы, и построить спеціальные приборы для этой цѣли [1]).

Вскорѣ примѣру Доротеевской реальной гимназіи послѣдовали и другія учебныя заведенія. Въ настоящее время въ высшихъ реальныхъ училищахъ (Oberrealschule съ 9-ти лѣтнимъ курсомъ), а также въ нѣкоторыхъ реальныхъ гимназіяхъ Пруссіи, Баваріи и Гамбурга уже введена система обязательныхъ лабораторныхъ занятій въ учебное время.

---

[1]) Результаты своихъ многолѣтнихъ трудовъ опубликованы Ганомъ въ двухъ книгахъ:

1. Wie sind die physikalischen Schülerübungen prakticsh zu gestalten.
2. Handbuch für physikalische Schülerübungen.

Во многихъ другихъ учебныхъ заведеніяхъ (реальныхъ гимназіяхъ, гимназіяхъ, реальныхъ училищахъ, женскихъ гимназіяхъ, городскихъ училищахъ, ремесленныхъ и торговыхъ школахъ) практическія занятія по физикѣ носятъ пока необязательный характеръ, но постепенно правительства отдѣльныхъ государствъ Германіи расширяютъ сѣть обязательныхъ занятій и въ этихъ учебныхъ заведеніяхъ.

Вообще, слѣдуетъ воздать должное нѣмецкимъ педагогамъ. Надъ труднымъ и сложнымъ дѣломъ правильной постановки преподаванія физики въ средней школѣ въ Германіи съ неослабѣвающей энергіей работаетъ рядъ видныхъ физиковъ и педагоговъ, извѣстныхъ далеко за предѣлами Германіи.

Кромѣ Hahn'a, о которомъ я упоминалъ выше, всѣмъ извѣстны имена Poske въ Берлинѣ [1]), Grimsehl'я въ Гамбургѣ [2]), Fischer'a въ Мюнхенѣ [3]), Noack'a въ Гессенѣ [4]), Weinhold'a въ Хемницѣ и др.

Подъ вліяніемъ успѣховъ, достигнутыхъ въ Германіи, и французская средняя школа стала на путь преобразованій. При участіи видныхъ научныхъ авторитетовъ (Аппель, Пуанкаре, Липманъ, Таннери и др.) была проведена въ 1902 г. реформа средней школы, причемъ особое вниманіе было обращено на постановку экспериментальныхъ предметовъ. За лабораторными занятіями признано было важное значеніе, и они были введены въ качествѣ обязательной нормы.

Въ послѣднее время практическія занятія по физикѣ находятъ себѣ мѣсто и въ нѣкоторыхъ школахъ Голландіи, Швеціи и Австріи.

---

[1]) Редакторъ журнала „Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht".

[2]) Grimsehl E. Lehrbuch der Physik.
Ausgewählte physikalische Schülerübungen.
Die Ziele und Methoden des physikalischen Unterrichts auf der Unterstufe und Oberstufe.
Didaktik und Methodik der Physik.

[3]) Fischer K. Der naturwissenschaftliche Unterricht in England, insbesondere in Physik und Chemie.
Der naturwissenschaftliche Unterricht in Deutschland und in Auslande.

[4]) Noack K. Leitfaden für physikalische Schülerübungen.
Aufgaben für physikalische Schülerübungen.

У насъ, въ Россіи, единичныя попытки организовать практическія занятія по физикѣ слѣдуетъ отнести къ началу 90-хъ годовъ, но впервые на настоятельную необходимость организаціи въ русской средней школѣ практическихъ занятій по физикѣ было указано въ 1899 г. на Московскомъ съѣздѣ преподавателей физико-химическихъ наукъ Московскаго учебнаго округа (доклады Галанина, Герна и Жадовскаго). Съѣздъ постановилъ „считать желательнымъ введеніе обязательныхъ практическихъ упражненій по физикѣ и химіи во всѣхъ среднихъ учебныхъ заведеніяхъ съ соотвѣтствующимъ увеличеніемъ числа часовъ по данному предмету" [1]).

Огромную образовательную и воспитательную силу за практическими занятіями признали и единодушно высказались за ихъ введеніе въ курсъ средней школы и всѣ бывшіе затѣмъ съѣзды: съѣздъ преподавателей физики Петербургскаго учебнаго округа 1902 г. [2]), Варшавскій 1902 г. [3]), 3-й Кіевскій 1904 г. и 2-й Петербургскій 1907 г. [4]).

Получили-ли, однако, идеи, высказанныя на съѣздахъ, осуществленіе на практикѣ?

Къ сожалѣнію, еще нѣтъ статистическихъ данныхъ, которыя могли-бы освѣтить подробно вопросъ о практическихъ занятіяхъ въ нашихъ среднихъ школахъ. Обязательныя практическія занятія въ учебные часы имѣютъ мѣсто лишь въ небольшомъ числѣ учебныхъ заведеній, по преимуществу частныхъ. Однимъ изъ первыхъ не только въ Россіи, но и за-границей, подобныя занятія осуществило Тенишевское училище, гдѣ самостоятельныя работы учащихся въ лабораторіи въ качествѣ обязательной нормы ведутся съ 1901 г. (5 часовъ практическихъ занятій при 10 теоретическихъ часахъ [5]).

---

[1]) Физико-математическій ежегодникъ 1900 г., стр. 521.
Физическое Обозрѣніе 1900 г., стр. 123.

[2]) Физическое Обозрѣніе 1902 г., стр. 133.
Вѣстникъ Опытной Физики и Элементарной математики 1902 г., стр. 121.

[3]) Физическое Обозрѣніе 1903 г., стр. 000.

[4]) Отчетъ Съѣзда (отдѣльная книга).

[5]) Памятная книжка Тенишевскаго училища за $190^1/_2$ и $190^2/_3$ уч. г.
Г. Григорьевъ, П. Знаменскій, И. Кавунъ. Практическія занятія по физикѣ.

Въ Петербургѣ обязательныя практическія упражненія по физикѣ, кромѣ того, мы находимъ еще въ нѣсколькихъ частныхъ реальныхъ и коммерческихъ училищахъ, нѣкоторыхъ частныхъ и женскихъ гимназіяхъ и въ одной мужской казенной гимназіи.

Можно насчитать и въ другихъ крупныхъ центрахъ нѣсколько среднихъ школъ, гдѣ практическія занятія являются необходимой составной частью преподаванія [1]). Въ большинствѣ учебныхъ заведеній практическихъ занятій еще нѣтъ, но въ очень многихъ они, не составляя обязательной нормы, съ успѣхомъ ведутся во внѣучебное время. Число учениковъ, добровольно участвующихъ въ практическихъ работахъ, всегда очень значительно, интересъ къ подобнымъ занятіямъ у участниковъ всегда повышенный. По приблизительному подсчету Кольбе, общее число учебныхъ заведеній, гдѣ въ той или иной степени можно говорить о практическихъ занятіяхъ по физикѣ, достигаетъ 30% [2]).

Во всякомъ случаѣ несомнѣнно одно: практическія занятія по физикѣ находятъ себѣ общее признаніе и у насъ, въ Россіи; среди преподавателей, повидимому, нѣтъ сомнѣній въ томъ, что плодотворное изученіе физики въ средней школѣ возможно лишь на основѣ практическихъ занятій.

II.

Безусловная н е о б х о д и м о с т ь практическихъ занятій становится очевидной, если оцѣнить по достоинству, какую помощь оказываютъ самостоятельныя работы учащихся въ лабораторіи для правильнаго усвоенія физическихъ знаній, и какое значеніе она имѣетъ для общаго развитія учащагося. Не останавливаясь на этомъ вопросѣ подробно, я отмѣчу лишь наиболѣе существенное.

Не подлежитъ никакому сомнѣнію, что я с н а г о, о т ч е т л и в а г о п р е д с т а в л е н і я я в л е н і й не можетъ быть безъ непосредственнаго наблюденія этихъ явленій и воспроизведенія ихъ на опытѣ. Ученіе только по книгамъ или со

[1]) Новыя программы кадетскихъ корпусовъ устанавливаютъ обязательность практическихъ занятій по физикѣ.

[2]) Физическое Обозрѣніе 1911 г., стр. 114.

словъ преподавателя давно осуждено педагогической мыслью. Настоящее вполнѣ сознательное знаніе и всестороннее усвоеніе основныхъ понятій возможно лишь при осуществленіи въ самыхъ широкихъ размѣрахъ принципа наглядности, когда о явленіяхъ не разсказываютъ, а когда ихъ показываютъ.

Съ этой точки зрѣнія при преподаваніи физики существенную роль играетъ классный экспериментъ учителя. Но и классный экспериментъ самого учителя еще не даетъ всего. Надо идти дальше и учениковъ изъ зрителей сдѣлать участниками, замѣнивъ во многихъ случаяхъ классный экспериментъ самостоятельными работами учащихся, во многихъ случаяхъ дополнивъ его послѣдними.

Пока учащійся только со стороны слѣдитъ за явленіемъ, воспроизводимымъ другимъ, а не самостоятельно воспроизводитъ то же явленіе, оно можетъ оставаться еще чуждымъ его психологіи. Надо ученику дать въ руки приборъ, поставить его лицомъ къ лицу съ самимъ явленіемъ. Только тогда онъ уловитъ всѣ стороны опыта, которыя при классномъ экспериментированіи часто для него пропадаютъ.

Сами продѣлывая опыты, учащіеся разовьютъ въ себѣ правильный взглядъ на значеніе опыта при изученіи явленій, пріобрѣтутъ „своего рода грамотность“ и не будутъ относиться къ опытамъ, какъ къ „фокусамъ“, которые всецѣло зависятъ отъ ловкости и умѣнья экспериментатора. Слѣдя уже въ другой разъ за экспериментами на урокахъ физики, ученикъ увѣренно будетъ черпать знанія, глубже захватывая существо дѣла.

При такихъ условіяхъ у ученика явятся самостоятельныя и устойчивыя сужденія объ окружающихъ явленіяхъ, на которыя онъ будетъ смотрѣть своими глазами, а не сквозь призму преподносимыхъ ему объясненій. Онъ тогда будетъ не только связно разсказывать и бойко излагать книжныя мудрости, но смѣло и сознательно воплощать въ словахъ реальную картину окружающей дѣйствительности.

При обычномъ классномъ экспериментированіи нѣтъ возможности изслѣдовать многихъ положеній опытнымъ путемъ, такъ какъ послѣдній требуетъ продолжительнаго времени.

Не можетъ быть въ достаточной мѣрѣ на урокахъ освѣщена и количественная сторона явленій. Только путемъ лабораторныхъ работъ можно ознакомить учащихся съ физическими измѣреніями и методами нахожденія физическихъ постоянныхъ.

Вообще, едва-ли возможно, не опираясь на самостоятельныя работы въ лабораторіи, раскрыть передъ учащимися все значеніе индуктивнаго метода мышленія, который въ исторіи человѣчества сыгралъ видную роль и привелъ къ ряду обобщеній.

Если практическія занятія необходимы для правильнаго усвоенія физическихъ знаній, то не менѣе важное значеніе они имѣютъ и для общаго развитія учащагося.

Давая мѣсто самодѣятельности юноши и отвѣчая обычной у учащихся склонности къ самостоятельному экспериментированію, лабораторныя занятія по физикѣ вмѣстѣ съ тѣмъ въ высокой степени способствуютъ развитію органовъ физической и психической жизни учащагося, пріучаютъ его глубже проникать въ явленія природы, отличать главное и существенное отъ второстепеннаго и случайнаго.

Подводя юношу близко къ явленіямъ природы, мы сдѣлаемъ его наблюдательнымъ, полнымъ живого и дѣятельнаго интереса къ совершающемуся въ природѣ, способнымъ любить и понимать ее.

Наконецъ, путемъ практическихъ занятій легче всего создать рабочее настроеніе у учащихся, вызвать и поддержать интересъ къ дѣлу. А вѣдь самостоятельный интересъ къ дѣлу, проявляемый со стороны учащихся, только и можетъ служить залогомъ успѣха въ сложномъ и трудномъ дѣлѣ воспитанія подрастающаго поколѣнія.

III.

Насколько простъ и ясенъ вопросъ о необходимости практическихъ занятій по физикѣ въ средней школѣ, настолько сложенъ и труденъ для рѣшенія другой вопросъ: какъ слѣдуетъ организовать практическія занятія, чтобы они принесли наибольшую пользу, чтобы цѣли, поставленныя ихъ введеніемъ, были достигнуты возможно полнѣе.

Многіе сторонники практическихъ занятій, охотно признавая не только полезность и желательность, но и необходимость лабораторныхъ занятій учащихся какъ для лучшаго усвоенія курса, такъ и въ виду ихъ высокой воспитательной цѣнности, высказываются, однако же, за ихъ необязательность для учащихся.

Среди учащихся средней школы, говорятъ, мы имѣемъ большое разнообразіе склонностей, которыя въ періодъ изученія физики часто уже въ достаточной мѣрѣ опредѣляются. Для юноши, мало заинтересованнаго физикой и болѣе увлеченнаго другими предметами—исторіей, литературой и даже чистой математикой, подобныя занятія пользы не принесутъ и могутъ легко выродиться въ забаву. Когда мы будемъ принуждать къ лабораторнымъ занятіямъ, послѣднія потеряютъ ту прелесть, которую имъ придаетъ именно ихъ необязательность и отсутствіе обычной школьной нормировки. Пусть все дѣло направляютъ съ одной стороны любовь къ предмету и энтузіазмъ преподавателя, а съ другой тотъ интересъ, который проявятъ сами учащіеся. Въ послѣднемъ не приходится сомнѣваться, о чемъ единодушно свидѣтельствуютъ всѣ, кому приходилось руководить практическими занятіями.

По этому поводу можно сказать слѣдующее. Тѣ доводы, которые выше приведены противъ обязательности самостоятельныхъ работъ учащихся по физикѣ и за ихъ факультативность, можно привести и противъ обязательности любого учебнаго предмета средней школы. Не подлежитъ сомнѣнію, что занятія всегда и вездѣ идутъ гораздо лучше, гораздо продуктивнѣе, когда въ нихъ принимаютъ участіе только желающіе. Но всякая современная школа по своей природѣ, по своей организаціи связана съ элементомъ принужденія, и, оставаясь на почвѣ настоящей дѣйствительности, слѣдуетъ стать на такую точку зрѣнія: разъ данный учебный предметъ, данная научная дисциплина признается необходимой въ системѣ общаго образованія, она тѣмъ самымъ обязательна для всѣхъ учащихся.

Физика можетъ быть отнесена къ числу обязательныхъ предметовъ. А поскольку обязательна физика, постольку обязательны и практическія занятія. Послѣднія представляютъ

особый методъ преподаванія физики. Этотъ методъ, какъ выше было указано, составляетъ необходимое условіе для успѣшнаго изученія физики; образовательная и воспитательная сила этого метода велика и неоспорима. Но чтобы методъ практическихъ занятій далъ въ полной мѣрѣ все то, что мы въ правѣ отъ него ожидать, практическія занятія должны являться не въ качествѣ пристройки къ зданію, а составлять одну изъ его фундаментальныхъ частей. Они должны быть положены въ основу обученія, проникая весь курсъ физики, проходя черезъ всѣ классы.

Время для лабораторныхъ занятій необходимо отвести въ учебные часы, и принимать участіе въ этихъ занятіяхъ должны всѣ изучающіе физику.

Методъ лабораторныхъ работъ можетъ особенно быть полезенъ для тѣхъ учениковъ, интересы которыхъ не направлены въ сторону физики; вѣдь когда нѣтъ самостоятельнаго интереса къ физическимъ знаніямъ, то тѣмъ совершеннѣе, тѣмъ тоньше должны быть пріемы обученія и способы обработки матеріала.

Противъ обязательности практическихъ занятій приводится часто и еще одинъ доводъ. Неприспособленность школьныхъ помѣщеній, необходимость значительныхъ затратъ на пріобрѣтеніе приспособленій и приборовъ, недостатокъ умѣнья и знаній у преподавателей — вотъ тѣ преграды, которыя стоятъ на пути.

Нельзя не признать всей серьезности указанныхъ возраженій. Всѣ, кому приходилось налаживать практическія занятія по физикѣ, знаютъ, какъ трудна ихъ организація въ силу указанныхъ выше причинъ. Тѣмъ не менѣе преграды не такъ ужъ неопредолимы, какъ это кажется на первый взглядъ. Имѣется не мало протоpенныхъ дорожекъ, которыя могутъ привести къ желаемой цѣли.

Кромѣ того, указаніе на трудности организаціи практическихъ занятій говоритъ не противъ обязательности занятій, а лишь за то, что въ извѣстныхъ случаяхъ, прежде чѣмъ вводить практическія занятія, какъ обязательную норму, цѣлесообразнѣе на нѣкоторое время сдѣлать ихъ факультативными.

Говоря о практическихъ занятіяхъ по физикѣ, умѣстно будетъ также упомянуть о рефератахъ, о литературныхъ работахъ и объ экскурсіяхъ. Нельзя, конечно, не признать за ними извѣстнаго значенія. И рефераты, и работы литературнаго характера, и экскурсіи, надлежащимъ образомъ организованныя, могутъ быть весьма полезны при изученіи физики. Но, во-первыхъ, ихъ организація представляется мнѣ дѣломъ въ высшей степени труднымъ, а, во-вторыхъ, они ни коимъ образомъ не могутъ замѣнить собою самостоятельныхъ работъ въ физической лабораторіи.

IV.

До послѣдняго времени практическія занятія по физикѣ въ средней школѣ составляли полный сколокъ съ подобныхъ же занятій въ высшей. Въ рукахъ учащихся были тѣ же приборы, самыя работы были исключительно количественнаго характера, и мы въ сущности имѣли курсъ точныхъ измѣреній, лишь слегка упрощенный. Ученики Тенишевскаго училища, напримѣръ, работали первое время съ такими приборами: объемомѣръ Лермантова, его же приборъ для опредѣленія коэффиціента линейнаго расширенія латуни и желѣза, его же воздушный термометръ, катетометръ съ зрительной трубой, отражательный гоніометръ, мостикъ Кольрауша (гдѣ всѣ соединенія для учениковъ скрыты подъ доской) и т. п.

Я думаю, неумѣстность подобнаго курса практическихъ занятій для средней школы очевидна.

Приборы высшей школы, перенесенные въ среднюю школу, не могутъ дать въ рукахъ учениковъ хорошихъ результатовъ, такъ какъ ошибки, зависящія отъ неопытности, далеко превышаютъ всѣ тѣ неточности, которыхъ стремятся избѣжать сложными приспособленіями въ самомъ приборѣ и всевозможными поправками. Опытъ Тенишевскаго училища убѣдилъ меня вполнѣ въ этомъ.

Если, пользуясь, напримѣръ, воздушнымъ термометромъ Лермантова, ученики и получали иногда результаты той степени точности, на какую подобный приборъ разсчитанъ, то на это приходилось смотрѣть, какъ на случайность. Въ громадномъ большинствѣ случаевъ степень точности при

измѣреніи объемометромъ, воздушнымъ термометромъ Лермантова, катетометромъ и т. п., не превышала той, которой достигали и при самыхъ простыхъ методахъ измѣреній.

Такіе сложные приборы и потому не должны быть примѣняемы въ средней школѣ, что они очень дороги, легко портятся въ неопытныхъ рукахъ, и починка ихъ затруднительна.

Еще есть, кромѣ того, другая сторона вопроса, наиболѣе, важная. Имѣя предъ собой сложный приборъ, ученикъ всю свою энергію направляетъ на установку прибора и цѣлый рядъ мелочей, которыя отвлекаютъ его вниманіе отъ главнаго изученія опытнымъ путемъ явленія. Послѣдняго за сложностью прибора ученикъ не видитъ: онъ стремится лишь произвести предписанное измѣреніе и получить числовой результатъ, пользуясь для этого готовой формулой, указанной въ книгѣ или на урокѣ.

Съ этой стороны работы исключительно количественнаго, измѣрительнаго характера вообще представляютъ извѣстный недостатокъ и опасность.

Но ставить работы чисто качественнаго характера по многимъ причинамъ оказалось труднымъ. Учащіеся не въ силахъ самостоятельно добиться опредѣленныхъ результатовъ, результаты получаются неясные, и вся работа часто обращается въ забаву. Руководитель долженъ самъ слѣдить все время за работой каждаго изъ участниковъ, занятія становятся возможными лишь при наличности незначительнаго числа участниковъ. Не говоря уже о томъ, что подобный родъ занятій часто представляетъ лишь повтореніе классснаго эксперимента, не мѣшаетъ помнить, что исключительно качественныя работы могутъ имѣть мѣсто на занятіяхъ по другимъ отдѣламъ естествознаній, каковы ботаника, зоологія и т. п. Физика должна итти дальше и подвергать матеріалъ математической обработкѣ.

Сказанное выше о работахъ измѣрительныхъ и качественныхъ говоритъ, что цѣлесообразнѣе всего выбрать средній путь.

Большинство работъ должно носить измѣрительный характеръ, но эти работы надо организовать такъ, чтобы ярко выступала и качественная сторона явленій.

Приборы должны быть поэтому повозможности просты по идеѣ и не должны заключать въ себѣ такихъ частей, которыя бы лишь отвлекали вниманіе ученика въ сторону.

Приборы должны давать возможность наблюдать непрерывный ходъ явленій.

Работы должны сопровождаться составленіемъ отчетовъ и черченіемъ графикъ. Въ отчетахъ учащіеся должны пріучаться отмѣчать всѣ тѣ явленія, которыя сопровождали опытъ, съ какою цѣлью ученикамъ слѣдуетъ ставить рядъ вопросовъ и фиксировать вниманіе на опредѣленныхъ сторонахъ.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ полезно ставить работы, при которыхъ учащійся не повѣряетъ уже извѣстныя ему положенія, а самъ путемъ опыта приходитъ къ опредѣленнымъ положеніямъ. Физическая формула тогда у ученика получается, какъ результатъ разбора и обсужденія тѣхъ явленій, которыя сопровождаютъ опытъ.

Если ученикамъ указанъ планъ работы, поставленъ рядъ опредѣленныхъ вопросовъ, то въ курсѣ практическихъ занятій становятся возможны и работы чисто качественнаго характера.

Попытку организаціи занятій, когда учащіеся сами строятъ приборы, едва ли можно признать удачной. Опытъ и Америки, и Германіи привелъ уже къ заключенію, что самихъ учениковъ не слѣдуетъ заставлять дѣлать приборы въ часы практическихъ занятій, такъ какъ это у нихъ отнимаетъ много времени. Такія упражненія вполнѣ умѣстны въ семинаріяхъ для подготовки учителей и пригодны для домашнихъ занятій учениковъ.

V.

Когда рѣчь заходитъ о практическихъ занятіяхъ по физикѣ въ средней школѣ, то чрезвычайно существенную роль играетъ не только содержаніе работъ, предложенныхъ учащимся, но и въ какой формѣ, по какой системѣ будутъ выполняться работы.

Въ настоящее время практика выработала нѣсколько системъ занятій.

Чаще всего встрѣчается система разныхъ работъ, заимствованная изъ практики высшихъ учебныхъ заведеній.

Въ лабораторіи выставляется большое число разнообразныхъ приборовъ, служащихъ для иллюстраціи уже пройденныхъ вопросовъ. Работающіе, обыкновенно, разбиваются на группы по 2—3 человѣка [1]) и, чередуясь, въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ проходятъ весь кругъ работъ.

Если въ классѣ, положимъ, 30 человѣкъ, сгруппированныхъ въ 15 паръ, то при условіи, что каждая работа налажена въ двухъ экземплярахъ, мы получимъ 7—8 разныхъ задачъ. Всѣ эти задачи классъ, работая одинъ разъ въ недѣлю, передѣлаетъ въ теченіе двухъ мѣсяцевъ.

Эта система естественно имѣетъ мѣсто и оказывается удобной тамъ, гдѣ практическія занятія носятъ необязательный характеръ, производятся въ неурочные часы и не связаны съ проходимымъ курсомъ физики.

Но и въ тѣхъ школахъ, гдѣ практическія занятія носятъ обязательный характеръ и производятся въ учебные часы, эта система еще сохраняется, лишь постепенно уступая мѣсто инымъ системамъ.

Недостатки такихъ занятій очевидны.

1. Преподаватель долженъ сначала пройти съ учениками извѣстный отдѣлъ или часть отдѣла, и въ силу этого практическія занятія въ извѣстные періоды не могутъ имѣть мѣста или должны прерываться.

2. Занятія растягиваются и оторваны отъ проходимаго курса, такъ какъ моментъ производства ученикомъ работы очень далеко отстоитъ отъ момента изученія того вопроса, котораго касается опредѣленная работа. Важно какъ разъ, чтобы самостоятельный экспериментъ во время пришелъ на помощь ученику, почему онъ и долженъ итти параллельно проходимому курсу, ему сопутствовать. Дальше опытъ для ученика уже часто теряетъ интересъ.

3. Въ производствѣ работъ каждымъ участникомъ отсутствуетъ всякая послѣдовательность.

---

[1]) Каждая группа работаетъ съ однимъ приборомъ.

4. Преподаватель, начиная урокъ практическихъ занятій, принужденъ дать объясненія по всѣмъ задачамъ, что создаетъ значительныя затрудненія. Ученики часто не могутъ безъ преподавателя приступить къ работѣ, а при выполненіи работы часто ее прекращаютъ, ожидая, пока преподаватель окончитъ бесѣду съ другими. Все это ведетъ къ нервности и извѣстнаго рода суетливости, какъ со стороны преподавателя, такъ и учащихся. Значительную помощь можетъ, конечно, оказать печатное объясненіе при каждой работѣ или имѣющееся на рукахъ у учащихся руководство, а при многочисленныхъ классахъ присутствіе второго руководителя, но не вполнѣ устранить указанныя выше затрудненія.

5. Лабораторныя работы только тогда имѣютъ важное значеніе, когда въ классѣ обсуждаются результаты работъ, критикуется выполненіе этихъ работъ участниками, обслѣдуются ошибки, способъ вычисленія и т. п. Когда работы тянутся долго, все это сводится на нѣтъ.

VI.

Крупный шагъ впередъ представляютъ работы на „одинъ фронтъ", получившія значительное распространеніе въ Германіи.

При этой системѣ всѣ ученики выполняютъ одновременно одну и ту же работу и при томъ на одинаковыхъ приборахъ.

Выгода такой системы на лицо.

1. Самостоятельный экспериментъ учениковъ вполнѣ соотвѣтствуетъ изучаемымъ въ данный моментъ вопросамъ. Онъ не только идетъ параллельно проходимому курсу, но можетъ вплетаться въ него и часто, что очень важно, идти впереди теоретическаго обоснованія.

2. Чрезвычайно важная сторона практическихъ занятій — это обсужденіе и сравненіе результатовъ; если обсужденіе слѣдуетъ непосредственно за самыми работами, то оно приноситъ всю выгоду.

3. Работа преподавателя при занятіяхъ на „одинъ фронтъ" въ значительной мѣрѣ упрощается. Той торопливости и суетливости, которыя всегда имѣютъ мѣсто при занятіяхъ вразсыпную, здѣсь нѣтъ. Преподаватель въ

началѣ занятій спокойно и въ достаточной мѣрѣ подробно имѣетъ возможность остановиться на существенныхъ сторонахъ предлагаемой ученикамъ задачи. Во время работы наблюденіе значительно облегчается, даже при большомъ числѣ участниковъ. Преподаватель въ состояніи замѣтить всякую заминку въ работѣ отдѣльныхъ учениковъ, онъ можетъ ставить вопросы, обращать вниманіе на различныя важныя стороны изучаемыхъ явленій и т. д. Занятія идутъ гладко и живо.

Нѣкоторые изъ руководителей практическими занятіями высказываются противъ занятій на „одинъ фронтъ" по двумъ мотивамъ:

1. Высказывается опасеніе, что занятія на „одинъ фронтъ" могутъ быть тягучи и скучны, убивая всякую самостоятельность у учащихся. Изъ послѣднихъ могутъ выработаться „строевики", которые привыкнутъ дѣлать все по командѣ, работать по-монтерски, производя извѣстныя манипуляціи, но не отдавая въ нихъ себѣ отчета. Кромѣ того, ученики будутъ подражать другъ другу [1]).

Едва-ли можно согласиться съ такой характеристикой занятій „на одинъ фронтъ". Подобныя занятія вовсе не предполагаютъ совпаденія отдѣльныхъ моментовъ въ производствѣ работъ у всѣхъ участниковъ. Каждый ученикъ или каждая пара такъ-же, какъ и при занятіяхъ вразсыпную, работаетъ самостоятельно. Указанныя выше отрицательныя стороны, мнѣ думается, могутъ имѣть мѣсто при всякихъ работахъ учениковъ и не связаны съ „системой одного фронта". Здѣсь уже на помощь должны прійти умѣнье и тактъ преподавателя.

2. Второе затрудненіе -- большая стоимость постановки занятій на „одинъ фронтъ", такъ какъ каждый приборъ долженъ быть во многихъ (напр., 20) экземплярахъ.

Это обстоятельство, конечно, приходится учитывать. Но, какъ показываетъ практика, фронтовыя занятія возможно поставить и при сравнительно скромныхъ средствахъ. Съ этою цѣлью, во-первыхъ, при многолюдныхъ классахъ

[1]) Добіашъ А. А. „Природа въ школѣ". 1907 г. стр., 232.
Индриксонъ Ф. Н. „Физическое Обозрѣніе". 1908 г., стр. 218.

занятія можно производить въ двѣ очереди. Такое дѣленіе вообще во многихъ случаяхъ слѣдуетъ признать цѣлесообразнымъ, такъ какъ даже фронтовыя занятія становятся утомительными и трудными при очень большихъ классахъ (больше 25—30 человѣкъ). Во-вторыхъ, одинъ приборъ можно давать не каждому изъ участниковъ, а группѣ изъ 2-хъ человѣкъ. Такую группировку по два можно признать удобной, такъ какъ при многихъ работахъ присутствіе второго лица прямо необходимо. Больше, чѣмъ по два, группировать не слѣдуетъ; третьему у одного прибора уже дѣлать нечего. Наконецъ, можно одновременно ставить не одну, а двѣ задачи. Послѣдняя, такъ называемая „смѣшанная система“, напримѣръ, нашла оффиціальное признаніе въ Баваріи [1]).

Ко всему сказанному слѣдуетъ добавить, что при практическихъ занятіяхъ можно обойтись очень простыми и дешевыми приборами. Въ послѣднее время, какъ объ этомъ было много сказано и выше, выработано довольно большое число типовъ такихъ приборовъ. Стоимость подобныхъ приборовъ съ увеличеніемъ спроса на нихъ и при фабричномъ способѣ ихъ изготовленія можетъ быть очень незначительна [2]).

Система занятій на „одинъ фронтъ“ особенно цѣнной и прямо незамѣнимой является на первыхъ порахъ изученія физики, и въ этомъ отношеніи она дополняетъ систему концентрическаго расположенія учебнаго матеріала. При системѣ концентровъ первый концентръ или первая, младшая ступень (Unterstufe у нѣмцевъ) носитъ описательный характеръ и касается простѣйшихъ конкретныхъ фактовъ. Экспериментальный характеръ этого концентра очевиденъ.

---

[1]) Hahn. H. Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht, 1908 г., стр. 73.

„Физическое Обозрѣніе“ 1911, стр. 297.

[2]) См. Глинка И. „Опытъ по методикѣ физики“ стр. 41.

Стоимость 23 работъ (каждая въ 10 экземплярахъ) по списку, составленному на 2-мъ съѣздѣ преподавателей въ С.-Петербургѣ 1907 г. (Отчетъ съѣзда стр. 325), не превышаетъ 1.000 рублей.

Оборудованіе 20 работъ (каждая въ 10 экземпляровъ) для одной изъ гимназій Гамбурга обошлась проф. Бонерту („Физическое Обозрѣніе“ 1907 г., стр. 106) въ 550 марокъ.

Опытъ долженъ стоять на первомъ планѣ и часто предшествовать теоріи.

VII.

Система „одного фронта", особенно при наличности концентровъ, получила свое дальнѣйшее развитіе и привела многихъ преподавателей за-границей къ „методу класснаго экспериментированія" или „методу лабораторныхъ уроковъ".

Этотъ методъ на различные лады практикуется въ послѣдніе годы въ нѣкоторыхъ школахъ Германіи, Франціи и Англіи. У насъ въ Россіи, между прочимъ, этотъ методъ нашелъ примѣненіе въ С.-Петербургской гимназіи Императора Александра I (бывшей 2-й [1]).

Характерныя черты этого метода слѣдующія.

Для практическихъ занятій не отводятся спеціальные часы. Преподаватель, разбирая какой-либо вопросъ, послѣ нѣкоторыхъ общихъ разъясненій и иллюстрацій ведетъ учениковъ, можетъ быть, въ тотъ же урокъ, въ классъ практическихъ занятій, гдѣ они всѣ продѣлываютъ одну и ту же работу, отвѣчающую разбираемому вопросу [2]). Результаты этой работы и тѣ общія положенія, которыя можно вывести, разрабатываются въ тотъ же или на слѣдующій урокъ.

Картина можетъ быть и нѣсколько иная. Изученіе вопроса начинается съ работы, къ которой ученики приступаютъ, пользуясь указаніями преподавателя на тѣ манипуляціи, которыя надо произвести. Ученики сами или послѣ разбора совмѣстно съ преподавателемъ результатовъ приходятъ къ опредѣленнымъ явленіямъ, „открываютъ" законы, а не „провѣряютъ" законы, ранѣе имъ сообщенные. Такой „эвристическій" методъ преподаванія во многихъ случаяхъ чрезвычайно плодотворенъ.

Вообще, „методъ класснаго экспериментированія" съ методической стороны даетъ много цѣннаго. Самостоятельный экспериментъ ученика здѣсь не дополняетъ курса, а

---

[1]) Глинка И.—„Опыты по методикѣ физики".

[2]) Если классъ приспособленъ для занятій, то работы происходятъ тутъ же въ классѣ.

тѣсно съ нимъ сплетается и, составляя главную его основу, отъ него совершенно неотдѣлимъ. Самостоятельный экспериментъ становится настолько же обязательнымъ, насколько обязательна и сама физика.

Кстати, умѣстно будетъ еще разъ указать, что никоимъ образомъ нельзя ограничиться опытами, продѣланными передъ всѣмъ классомъ самимъ преподавателемъ и 2—3 учениками [1]). Вся суть вѣдь въ томъ, что каждый экспериментъ должны производить всѣ ученики.

Надо, однако, помнить, что „методъ класснаго экспериментированія" требуетъ значительнаго времени [2]) и въ извѣстныхъ случаяхъ (особенно въ старшихъ классахъ) можетъ быть утомителенъ и не удовлетворять учащихся. Педагогигическій опытъ и тактъ преподавателя, конечно, должны указать границы, которыхъ слѣдуетъ держаться, примѣняя „методъ лабораторныхъ уроковъ".

VIII.

При правильной организаціи практическихъ занятій для нихъ должна быть отведена особая комната, спеціально приспособленная и вполнѣ оборудованная всѣмъ необходимымъ. Размѣры комнаты зависятъ отъ числа учениковъ, одновременно работающихъ въ лабораторіи. При 25—30 работающихъ площадь, занимаемая классомъ практическихъ занятій, не можетъ быть меньше 70—80 квадратныхъ метровъ. Во многихъ американскихъ школахъ подъ помѣщеніе для лабораторныхъ занятій отведена площадь въ 100—120 квадратныхъ метровъ [3]). Если нѣтъ особаго помѣщенія для практическихъ занятій, то возможно для нихъ приспособить классъ, гдѣ идутъ уроки физики, замѣнивъ парты столами.

---

[1]) Такой путь, напримѣръ, предлагаетъ А. Киселевъ („Физическое Обозрѣніе", 1910 г., стр. 279).

[2]) Общее число часовъ, которое должно быть удѣляемо самостоятельнымъ работамъ учащихся, въ значительной мѣрѣ зависитъ отъ характера проходимаго курса. Во всякомъ случаѣ оно должно составлять не менѣе $1/4$ всего числа часовъ, положенныхъ на физику. Въ нѣкоторыхъ школахъ, въ томъ числѣ и въ Тенишевскомъ училищѣ, на практическія занятія отводится $1/3$ всего имѣющагося времени.

[3]) Въ Тенишевскомъ училищѣ классъ практическихъ занятій по физикѣ занимаетъ площадь въ 80 кв. метровъ.

При занятіяхъ „вразсыпную“ на одного руководителя не должно приходиться болѣе 10—15 человѣкъ; при занятіяхъ на одинъ фронтъ одинъ руководитель можетъ справляться вполнѣ съ классомъ въ 20 человѣкъ, и даже, какъ показалъ опытъ, работа еще возможна при классѣ въ 30 человѣкъ. Конечно, въ послѣднемъ случаѣ требуется болѣе значительное число экземпляровъ каждой работы.

Но вообще слѣдуетъ замѣтить, что при многолюдныхъ классахъ работа по физикѣ (какъ и по всѣмъ предметамъ) затруднительна. Для практическихъ занятій классъ необходимо дѣлить. Въ этомъ случаѣ одна половина класса занята по физикѣ, а другая выполняетъ работу другого предмета или идетъ домой, если часъ практическихъ занятій назначенъ послѣднимъ. Занятія для каждаго ученика имѣютъ мѣсто тогда уже лишь разъ въ двѣ недѣли. Труднѣе всего при многолюдныхъ классахъ осуществить „методъ класснаго экспериментированія“.

Кромѣ основной комнаты для практическихъ занятій, желательно имѣть рядомъ и вторую небольшую. Здѣсь могутъ помѣщаться приборы, которые нежелательно двигать съ мѣста, напримѣръ, вѣсы Кромѣ того, здѣсь лучше всего помѣстить и шкафы съ приборами для практическихъ занятій, такъ какъ въ первой комнатѣ хорошо стѣны освободить, чтобы ихъ можно было использовать въ качествѣ досокъ и для установки приборовъ. Наконецъ, эта комната можетъ служить для опытовъ, при которыхъ необходимо затемненіе.

Весьма важны вопросы—объ освѣщеніи класса практическихъ занятій, о снабженіи его водой, газомъ или другими источниками тепла, о столахъ для работъ и т. п. Въ русской и особенно иностранной литературѣ (главнымъ образомъ нѣмецкой) можно найти много указаній по всѣмъ этимъ вопросамъ.

Точно также, приступая къ выбору задачъ для самостоятельныхъ работъ учащихся, каждый руководитель можетъ воспользоваться тѣмъ богатымъ матеріаломъ, который въ настоящее время уже опубликованъ въ литературѣ. На русскомъ языкѣ мы имѣемъ 6—7 руководствъ и рядъ статей въ журналахъ: „Физическое Обозрѣніе“, „Физикъ-Любитель“, „Природа въ школѣ“ и др. Литература на иностранныхъ

языкахъ особенно богата. Достаточно указать на книги: Hahn'a, Grimsehl'я, Noack'a, Fischer'a, Maurin'a и др. Подробный списокъ книгъ, трактующихъ о практическихъ занятіяхъ по физикѣ, приведенъ въ концѣ книги Hahn'a: „Handbuch für physikalischen Schülerübungen".

Легко составить обширный списокъ задачъ, заключающій 400—500 упражненій, изъ котораго всегда можно выбрать 60—70 подходящихъ. Большее число работъ едва-ли можетъ выполнить каждый ученикъ, если даже занятія идутъ систематически въ теченіе 3—4 лѣтъ [1]).

Выборъ темъ, конечно, зависитъ отъ того общаго характера, какой носятъ практическія занятія.

Прежде всего въ настоящее время на занятіяхъ по физикѣ приходится останавливаться на такихъ задачахъ, которыя болѣе цѣлесообразно было-бы продѣлывать на урокахъ математики. Сюда относятся задачи на измѣреніе длины, площадей, объемовъ и т. п. Въ недалекомъ будущемъ, когда, надо думать, въ школѣ утвердится „лабораторный методъ преподаванія математики", между математикой и физикой установится естественная связь, и ученики изъ „математической лабораторіи" будутъ переходить въ „физическую лабораторію".

При дѣленіи курса физики на два концентра, и характеръ работъ въ томъ и другомъ концентрѣ долженъ быть инымъ.

При постановкѣ работъ надо вообще разнообразить методы ихъ выполненія, избѣгая варіантовъ, если послѣдніе не даютъ ничего новаго.

Уже выше было указано, что приборы для практическихъ занятій учениковъ средней школы должны быть особаго типа, отличнаго отъ приборовъ школы высшей. Они должны быть отличны и отъ тѣхъ приборовъ, которые содержатся во всѣхъ каталогахъ и обычно идутъ для классныхъ демонстрацій. Они должны быть просты по идеѣ, прочной и незатѣйливой конструкціи; въ нихъ должно отсутствовать все, что отвлекаетъ вниманіе ученика отъ того

---

[1]) Каждый ученикъ Тенишевскаго училища въ теченіе 3-хъ лѣтъ успѣваетъ продѣлать до 60 работъ.

главнаго, для чего предназначенъ данный приборъ. Они должны быть возможно дешевы, но при всемъ томъ должны давать приличные результаты. „Степень погрѣшности не должна достигать той величины, при которой производимое упражненіе можетъ потерять свое педагогическое значеніе и вызвать разочарованіе у учащагося“ [1]). Точность 1—3% и даже во многихъ работахъ въ 5% для приборовъ средне-школьной практики можно считать достаточной. Изящества въ отдѣлкѣ не нужно, но приборы не должны быть грубы и совершенно не отдѣланы. Послѣднее диктуется соображеніями общаго воспитанія.

Въ обычныхъ каталогахъ какъ русскихъ, такъ и заграничныхъ фирмъ подобныхъ приборовъ не имѣется, или они еще очень дороги. Приборы должны быть „самодѣльные“—руководителю самому приходится конструировать и цѣликомъ сооружать ихъ или, заказавъ отдѣльныя части столяру, механику и стеклодуву, составить необходимые приборы. Большую помощь можетъ оказать грамотный, толковый и хорошо оплачиваемый служитель при физическомъ кабинетѣ.

Въ Германіи нѣкоторыя учебныя заведенія имѣютъ при физическихъ кабинетахъ мастерскія, оборудованныя инструментами для слесарныхъ, столярныхъ и стеклодувныхъ работъ. Въ этихъ мастерскихъ и изготовляется большая часть приборовъ, необходимыхъ для практическихъ занятій учениковъ.

Производство работъ, какъ было указано выше, должно обязательно сопровождаться составленіемъ участниками занятій письменныхъ отчетовъ.

Отчеты должны содержать краткое, но ясное описаніе всего хода работы; ясные схематическіе рисунки приборовъ; всѣ измѣренія, вычисленія, результаты и выводы въ строгомъ порядкѣ. При подобныхъ отчетахъ учащіеся глубже продумываютъ и лучше усваиваютъ продѣланные опыты, пріучаются къ сжатому и отчетливому изложенію мыслей. Отчеты эти могутъ выполняться частью въ классѣ на занятіяхъ, частью дома. Во всякомъ случаѣ на занятіяхъ у каж-

---

[1]) Проф. Де-Метцъ. „Физическое Обозрѣніе“, 1910 г., стр 162.

даго ученика должна быть тетрадь, куда бы онъ заносилъ все, что касается опыта: всѣ свои наблюденія и всѣ числовыя данныя. На первыхъ порахъ обыкновенно трудно бываетъ пріучить учениковъ къ тому, чтобы они записывали все въ порядкѣ. Отчеты должны сопровождаться черченіемъ графикъ (для чего лучше всего пользоваться миллиметровой бумагой), указаніями на точность отдѣльныхъ измѣреній и вычисленіемъ абсолютной и относительной погрѣшности результата. Къ этому можно добавить еще вотъ какія соображенія. Конечно, необходимо добиваться, чтобы ученики производили измѣренія возможно точнѣе и достигали съ имѣющимися у нихъ на рукахъ приборами возможной для нихъ точности. Но гораздо важнѣе, чтобы учащіеся отдавали себѣ ясный отчетъ при каждомъ опытѣ, на какую точность вообще можно разсчитывать, при какихъ измѣреніяхъ важно быть точнымъ и при какихъ можно обойтись грубыми измѣреніями.

Отчеты должны обязательно просматриваться руководителемъ, и результаты обсуждаться цѣлымъ классомъ; здѣсь должны выводиться среднія, которыя ученики также заносятъ въ свои тетради[1]). Тутъ только ученики поймутъ все значеніе „среднихъ величинъ" и увидятъ, что лишь путемъ многихъ и тщательныхъ измѣреній могутъ быть получены точные результаты.

Отчеты для учениковъ должны быть въ извѣстной мѣрѣ учебникомъ.

Печатное руководство съ подробнымъ описаніемъ работъ, мнѣ думается, не можетъ оказаться излишнимъ даже при занятіяхъ на „одинъ фронтъ", не говоря уже о занятіяхъ въ разсыпную, гдѣ оно необходимо. Заключая въ себѣ рядъ техническихъ указаній, книга даетъ возможность ученику сосредоточить свое вниманіе на главномъ—на происходящемъ явленіи, а ставя рядъ вопросовъ, она помогаетъ всесторонне охватить явленіе. О пониженіи самостоятельности учащихся при такихъ условіяхъ едва-ли приходится говорить.

С.-Петербугъ.

---

[1]) Въ рукахъ руководителя долженъ быть также особый журналъ, гдѣ были бы сосредоточены всѣ данныя о практическихъ занятіяхъ учениковъ.

Пружинные вѣсы для практическихъ работъ учениковъ[1]).

Б. Ю. Кольбе.

Въ пригодности пружинныхъ вѣсовъ для практическихъ работъ учениковъ я убѣдился во время моей лѣтней поѣздки по Германіи въ 1910 г., гдѣ я наблюдалъ во многихъ школахъ работы учениковъ съ этими вѣсами; но самая конструкція вѣсовъ мнѣ показалась не вполнѣ удовлетворительной. Вѣсы были устроены по типу вѣсовъ Жоли и состояли изъ одной спиральной пружины и миллиметровой шкалы, но безъ зеркала. Чтобы избѣжать параллакса пользовались или особымъ визирнымъ кружкомъ, горизонтально подвѣшеннымъ (какъ у Жоли) между пружиной и чашкой для нагрузки, или же просто визировали вдоль нижней плоскости пластинки, служившей чашкой для вѣсовъ; въ нѣсколькихъ отдѣльныхъ случаяхъ отъ пластинки, служившей чашкой для вѣсовъ, шелъ въ горизонтальной плоскости къ шкалѣ особый указатель.

Вмѣсто одной спиральной пружины гораздо практичнѣе примѣнять для вѣсовъ двѣ пружины, потому что одна пружина при нагрузкѣ начинаетъ вращаться, а вмѣстѣ съ ней вращается и визирный кружокъ, который нельзя установить строго горизонтально; вслѣдствіе этого ошибка въ отсчетѣ при помощи визирнаго кружка достигаетъ 0,3—0,8 мм., а при визированіи вдоль нижней плоскости чашки для нагрузки ошибка достигаетъ 0,6—1,2 мм., тогда какъ при визированіи на вѣсахъ моей конструкціи (съ двумя пружинами) ошибка не превышаетъ 0,1 – 0,2 мм. Матеріаломъ для

[1]) Такіе вѣсы мною были впервые демонстрированы 10 ноября 1911 г. въ Педагогическомъ Музеѣ военно-учебныхъ заведеній и на выставкѣ приборовъ во время II-го Менделѣевскаго съѣзда въ Петербургѣ 21—28 декабря 1911 года.

такихъ пружинъ первое время мнѣ служила проволока изъ твердой латуни (ее можно получать отъ фирмы M. Schmidt, München, Kreutzstrasse, по 15 пфен. за штуку), которая, однако, такъ плотно завита, что каждую пружину приходилось нагружать гирями въ 90—100 грам. для того, чтобы при дальнѣйшей нагрузкѣ растяженіе пружины становилось пропорціональнымъ грузу. Кромѣ того, всѣ латунныя пружины обладаютъ тѣмъ недостаткомъ, что съ теченіемъ времени онѣ вытягиваются, въ особенности, если нагрузка длится болѣе или менѣе продолжительное время. Вотъ почему стальныя пружины въ этомъ отношеніи гораздо лучше. Въ устроенныхъ мною вѣсахъ взяты стальныя пружины, и не смотря на то, что максимальную нагрузку въ 500 гр. я оставлялъ на вѣсахъ въ теченіи 24 часовъ,—указатель возвращался къ 0 послѣ снятія груза.

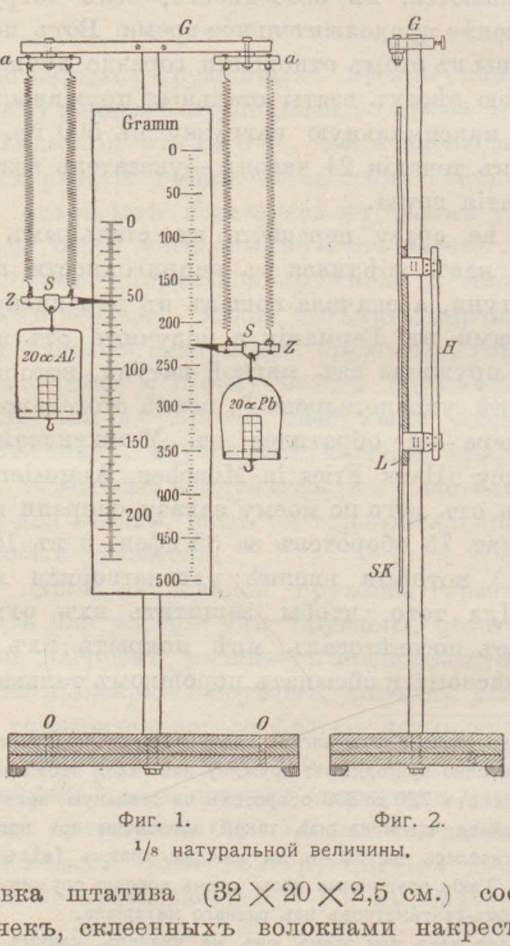
Но я не сразу перешелъ къ стальнымъ пружинамъ послѣ того, какъ убѣдился въ непригодности пружинъ изъ твердой латуни, а сначала вошелъ въ переписку съ различными фирмами въ Германіи и получилъ отъ нихъ различнаго сорта пружины изъ мягкой латуни, которыми тоже не былъ вполнѣ удовлетворенъ [1]); послѣ этого—по совѣту д-ра К. Т. Фишера — я обратился къ Мюнхенскому механику Гансу Фрису (Hans Fries in München, Augustenstrasse 109[11]) и получилъ отъ него по моему заказу спирали изъ стальной проволоки (въ 75 оборотовъ за 35 пфен. и въ 150 оборотовъ за 80 пфен.), которыя вполнѣ удовлетворили моимъ требованіямъ. Для того, чтобы защитить ихъ отъ ржавчины, Гансъ Фрисъ посовѣтовалъ мнѣ покрыть ихъ при помощи кисточки масломъ и обсыпать порошкомъ талька [2]). Это надо

[1]) Только одинъ сортъ мягкой латунной проволоки толщиною въ 0,2 мм. оказался достаточно пригоднымъ; пружину изъ такой проволоки приготовляли, плотно навивая отъ 280 до 300 оборотовъ на стальную проволоку въ 2,8 мм. толщиной; двойная пружина изъ такой проволоки при нагрузкѣ отъ 0 до 10 грм. растягивалась на 26 мм. на каждый граммъ (вѣсъ чашки былъ равенъ 3 грам.). Такіе пружинные вѣсы очень хорошо служили мнѣ при демонстраціи кубиковъ-сантиметровъ изъ разнаго матеріала.

[2]) Но такъ какъ при этомъ онъ не указалъ, какимъ именно масломъ лучше смазывать, то я взялъ вазелиновое масло, прибавилъ къ нему на глазъ одну четверть вазелина, согрѣлъ, размѣшалъ и, нѣсколько растянувши пружины, покрылъ этой смѣсью, а затѣмъ обсыпалъ талькомъ.

сдѣлать уже послѣ приготовленія прибора и, разумѣется, избѣгать послѣ этого трогать пружины пальцами. Защищенныя такимъ образомъ пружины служатъ у меня и до сихъ поръ вполнѣ хорошо, ни чуть не ржавѣя.

Чтобы удобнѣе было примѣнять двухпружинные вѣсы для классныхъ опытовъ, я укрѣпилъ ихъ на штативѣ особеннаго устройства, дозволявшаго одновременно пользоваться двумя парами пружинъ, какъ это представлено на фиг. 1-й.



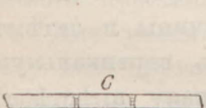
Фиг. 1. Фиг. 2.

$^1/_8$ натуральной величины.

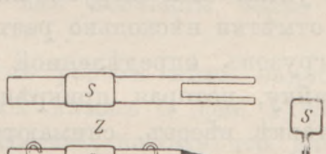
Подставка штатива (32 × 20 × 2,5 см.) состоитъ изъ трехъ дощечекъ, склеенныхъ волокнами накрестъ. На ней вертикально укрѣплена стойка въ видѣ бруска въ 2,5 × 2,5 см. поперечнаго сѣченія и высотою въ 87 см. изъ хорошо высушеннаго и пропарафинированнаго березоваго дерева. Эта

стойка не вклеена въ подставку, а удерживается при помощи винтовой нарѣзки на нижнемъ концѣ и соотвѣтственной гайки. Перекладина *G*, на которую подвѣшиваются пружинные вѣсы, прикрѣпляется къ верхнему концу стойки тремя деревянными винтами такъ, что ее легко снимать (фиг. 1 и 3). Обѣ пары пружинъ своими верхними концами прочно прикрѣплены къ небольшимъ брускамъ (10×10×75 мм.) изъ твердаго дерева *a* (фиг. 1), которые при помощи винта, проходящаго посрединѣ, прикрѣплены къ перекладинѣ *G*. Нижніе концы этихъ пружинъ прикрѣплены къ брускамъ *Z* (фиг. 1 и 4), имѣющимъ размѣры (10 × 10 × 100 мм. или 10 × 10 × 110 мм.). Тѣ концы брусковъ, которые должны быть обращены къ шкалѣ, имѣютъ прорѣзъ въ 30 мм. длиною и не болѣе 7 мм. шириною для охватыванія шкалы и для устраненія вращенія пружинъ; эти концы срѣзаны надъ острымъ угломъ для того, чтобы служить указателями. Такъ какъ верхній брусокъ *a* (фиг. 1) можно повернуть около винта, которымъ онъ прикрѣпленъ къ перекладинѣ *G*, то всегда можно установить пружину такъ, чтобы указатель почти прикасался къ шкалѣ и вслѣдствіе этого параллаксъ уничтожался.

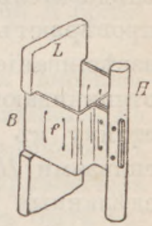
Шкала приготовляется изъ твердаго бристольскаго картона (15 × 56 см.), прикрѣпленнаго маленькими гвоздиками



Фиг. 3.



Фиг. 4.



Фиг. 5.

къ деревянной дощечкѣ *L* (фиг. 2 и 5) размѣрами 0,5×3×25 см. съ небольшими вырѣзами по бокамъ, для прикрѣпленія двухъ гильзъ изъ тонкой жести вверху и внизу дощечки; обѣ эти гильзы прикрѣплены къ деревянной круглой палочкѣ *H* (фиг. 2), которая служитъ для нихъ рукояткой. На фиг. 5-й представлена одна изъ двухъ гильзъ; она имѣетъ высоту до 30 мм. и согнута въ видѣ призмы такого размѣра,

чтобы ее можно было надѣвать на вертикальную стойку; въ боковыхъ стѣнкахъ сдѣланы углубленія *f* (фиг. 5) для того, чтобы движеніе по стойкѣ происходило съ нѣкоторымъ треніемъ; верхніе и нижніе края каждой гильзы слегка отогнуты наружу для того, чтобы они не царапали стойку во время передвиженія.

Бристольскій картонъ оклеивается бумагой, раздѣленной на квадратные миллиметры и имѣющей почти 75 мм. длины и 24 мм. ширины; остающіеся свободными края бумаги завертываются на заднюю сторону картона и приклеиваются къ нему. Послѣ того, какъ шкала совершенно высохнетъ, подвѣшиваются къ перекладинѣ *G* спиральныя пружины, а на нижніе бруски надѣвается обойма *S* (фиг. 4), къ которой привѣшивается легкая чашка для накладыванія груза. Такой чашкой можетъ служить, напримѣръ, крышка отъ жестянки какао; сверху къ ней припаивается проволочная дуга съ крючкомъ для подвѣшиванія чашки къ обоймѣ, а снизу, къ дну, прапаивается крючекъ для подвѣшиванія изслѣдуемыхъ тѣлъ, если понадобится взвѣшивать ихъ въ водѣ или въ другой какой-либо жидкости.

Дѣленія шкалы дѣлаются на каждые 5 граммъ нагрузки слѣдующимъ образомъ: сначала отмѣчаютъ карандашомъ мѣста, занимаемыя указателемъ на шкалѣ при послѣдовательномъ увеличеніи нагрузки на каждые 5 граммъ [1]); провѣряютъ эти отмѣтки нѣсколько разъ непосредственнымъ взвѣшиваніемъ грузовъ опредѣленной величины и затѣмъ отвинчиваютъ гайку, которая прикрѣпляетъ вертикальную стойку къ подставкѣ вѣсовъ, снимаютъ шкалу вмѣстѣ съ гильзами *H* (фиг. 2), отмѣчаютъ жидкой, несмываемой тушью сдѣланныя раньше дѣленія, стираютъ излишній карандашъ (при помощи комочка ваты) и покрываютъ шкалу взбитымъ яичнымъ бѣлкомъ, а на слѣдующій день, когда бѣлокъ хорошо просохнетъ, ее покрываютъ еще разъ тонкимъ слоемъ шеллаковаго лака.

Важное значеніе имѣетъ обойма *S* на нижнемъ брускѣ (фиг. 1 и 4). Ее можно приготовить изъ жести, согнувъ

[1]) Если желаютъ получить дѣленія на каждый граммъ, то полученные раньше промежутки раздѣляютъ каждый на 5 равныхъ частей и опытнымъ путемъ провѣряютъ эти дѣленія.

на подходящемъ по размѣрамъ квадратномъ желѣзномъ брускѣ полоску жести, спаявъ концы и просверливъ въ спаянной части отверстіе для подвѣшиванія чашки; по бруску эта обойма должна двигаться съ нѣкоторымъ треніемъ. Перемѣщеніемъ этой обоймы по бруску вмѣстѣ съ чашкой для нагрузки можно компенсировать неравенство упругости двухъ пружинъ, а слѣдовательно, и неравенство въ растягиваніи ихъ при нагрузкѣ. При предварительныхъ опытахъ я нарочно выбралъ двѣ неодинаковыя пружины (при нагрузкѣ въ 10 грм. одна растягивалась на 20 мм., а другая на 30 мм.), перемѣщеніемъ обоймы удалось настолько регулировать положеніе указателя, что онъ оставался въ горизонтальномъ положеніи при разныхъ нагрузкахъ. Найдя правильное положеніе обоймы, надо для закрѣпленія ея на этомъ мѣстѣ ударить сверху не слишкомъ острымъ шиломъ: тогда разорванные края отверстія вдавливаются въ деревянный брусокъ и этимъ закрѣпляютъ обойму на выбранномъ мѣстѣ.

Если бы двѣ спиральныхъ пружины оказались слишкомъ различными по упругости, тогда надо каждую разрѣзать пополамъ и половину одной пружины скрѣпить съ половиной другой, согнувши у соединяемыхъ концовъ маленькія петли и зацѣпивши одной петлей за другую: тогда получаются двѣ почти одинаковыя пружины, потому что каждая будетъ состоять изъ половины болѣе слабой и болѣе сильной пружины.

Для ученическихъ работъ нѣтъ надобности перекладину для пружинныхъ вѣсовъ *G* (фиг. 1) устанавливать на описанномъ выше штативѣ, потому что для ученическихъ работъ достаточно имѣть вѣсы съ одной парой пружинъ, а тогда и размѣры подставки для штатива могутъ быть гораздо меньше; кромѣ того, и самая шкала можетъ быть сдѣлана проще. Такъ, напримѣръ, выбравши тонкую и легкую достаточной длины линейку (сантиметровъ 70), обертываютъ ее бумагой, разлинеенной на квадратные миллиметры, длиною въ 50 см., а шириною нѣсколько больше двойной ширины линейки и склеиваютъ свободные края бумаги. Такая бумажная гильза можетъ передвигаться вдоль линейки и замѣнять собою описанную выше шкалу демонстраціоннаго аппарата. Затѣмъ удлиняютъ соотвѣтственно верхній брусокъ *o* (фиг. 1), и съ одного конца прикрѣпляютъ пару

пружинъ, а съ другого дѣлаютъ въ немъ прорѣзъ, въ которомъ закрѣпляютъ линейку (нижній конецъ линейки будетъ висѣть свободно); этотъ брусокъ прикрѣпляютъ къ перекладинѣ *G* (фиг. 1), которая закрѣпляется на вертикальной стойкѣ, а эта послѣдняя прикрѣпляется къ подставкѣ размѣрами въ 12 × 12 × 2 см. Всѣ эти закрѣпленія дѣлаются не наглухо, а такъ, чтобы приборъ можно было разбирать на части и хранить каждую изъ нихъ отдѣльно, тогда 10—12 такихъ приборовъ займутъ въ шкапу сравнительно не много мѣста. Но въ такомъ случаѣ полезно перенумеровать однимъ и тѣмъ же номеромъ части одного и того же прибора, чтобы при его сборкѣ не перепутать частей.

При домашнемъ устройствѣ такихъ ученическихъ приборовъ они обойдутся очень не дорого, потому что надо только выписать пружины, изъ которыхъ каждая стоитъ 80 пфен. Что же касается демонстраціоннаго аппарата, представленнаго на предыдущихъ рисункахъ (фиг. 1—5), то его устройство даже домашними средствами обойдется дороже, потому что работа должна быть аккуратнѣе, и вслѣдствіе этого нѣкоторыя части придется поручить сдѣлать столяру и слесарю; но во всякомъ случаѣ желательно, чтобы въ каждомъ кабинетѣ хотя бы въ одномъ экземплярѣ, были болѣе или менѣе аккуратно устроенные демонстраціонные пружинные вѣсы съ двойной парой пружинъ: они всегда будутъ готовы къ употребленію и дадутъ возможность быстро и достаточно точно производить многіе опыты взвѣшиванія для различныхъ цѣлей.

При заказѣ стальныхъ пружинъ у Ганса Фриса надо указать, какое растяженіе каждой пружины желательно при нагрузкѣ въ 10 грм., причемъ указать и максимальный предѣлъ нагрузки. Но при этомъ надо не упускать изъ виду, что одна пружина обладаетъ вдвое большей чувствительностью, чѣмъ обѣ вмѣстѣ взятыя, и слѣдовательно допустить только половину максимальной нагрузки.

Примѣненія двухпружинныхъ вѣсовъ.

Многіе изъ моихъ коллегъ въ Германіи считаютъ въ дидактическомъ отношеніи весьма полезнымъ,—съ чѣмъ я

совершенно согласенъ,—предоставлять самимъ ученикамъ производить градуировку шкалы. Въ такомъ случаѣ для упражненій съ ученическими приборами надо имѣть готовый запасъ гильзъ изъ бумаги, разграфленной на квадратные миллиметры, и гильзу, размѣченную ученикомъ, сравнивать съ гильзой, размѣченной для даннаго прибора раньше; но можно предоставить ученикамъ дѣлать градуировку и для демонстраціонныхъ вѣсовъ. Въ такомъ случаѣ имѣющуюся шкалу нужно покрыть бумагой, разграфленной на квадратные миллиметры, причемъ бумага должна быть такой же ширины, какъ и шкала, но вверху и внизу длиннѣе сантиметра на два; эти края вверху и внизу слѣдуетъ отогнуть назадъ и приклеить слегка вверху и внизу; можно даже ограничиться приклеиваніемъ только сверху, но такъ, чтобы полоска висѣла на шкалѣ и покрывала ее. Сравненіе шкалъ, сдѣланныхъ учениками, со шкалой, сдѣланной раньше, можетъ доставить большое нравственное удовлетвореніе практикантамъ, если градуировка окажется удачной.

При недостаткѣ времени можно поручить ученикамъ дѣлать только контрольную провѣрку готовой шкалы.

Весьма полезно приготовить слѣдующую коллекцію:

a) Призмы изъ *Cu*, *Fe*, *Al*, *Pb*, *Zn*, латуни и проч. размѣрами или $10 \times 10 \times 100$ мм. (10 см.^{3}), или $2 \times 2 \times 5$ см. (20 см.^{3}).

b) Деревянную призму въ $5 \times 5 \times 4$ с.м. $= 100$ см.^{3} (парафинированную).

c) Неправильной формы тѣла изъ металла, стекла, янтаря и другихъ матеріаловъ.

d) Пикнометры, каждый въ 100 см.^{3} съ отмѣткой этого объема на шейкѣ сосуда съ хорошо подобранной корковой пробкой. Каждый пикнометръ вмѣстѣ съ пробкой должны быть отмѣчены однимъ и тѣмъ же номеромъ, написаннымъ на кружечкахъ разноцвѣтной бумаги, которые наклеиваются на дно пикнометра и на верхнюю сторону пробки, причемъ для одного пикнометра и соотвѣтствующей ему пробки кружечки должны быть одного цвѣта, для другого пикнометра и его пробки—другого и т. д.

Гидростатическія взвѣшиванія производятся по общеизвѣстному пріему, причемъ при опытахъ съ пикнометрами

можно вѣсъ пустого пикнометра (вмѣстѣ съ пробкой) высчитать изъ вѣса пикнометра съ жидкостью (и съ пробкой): или же, что гораздо проще, поставить пустой пикнометръ съ пробкой на чашку вѣсовъ и понизить шкалу (взявшись за рукоятку *H* фиг. 2-й настолько, чтобы указатель установился на *0*, затѣмъ наполнить пикнометръ жидкостью и закрыть пробкой: тогда указатель прямо покажетъ вѣсъ 100 см.^{3} взятой жидкости [1]).

Опредѣленіе удѣльнаго вѣса тѣлъ [2]) на этихъ вѣсахъ производится такъ-же просто и скоро.

Нѣкоторые изъ учениковъ очень интересуются слѣдующимъ упражненіемъ: кладутъ на руку поочередно тѣла разнаго вѣса (въ 10, 20, 50, 100, 200 грм. и т. д.) и по ощущенію стараются опредѣлить вѣсъ этихъ тѣлъ, а затѣмъ эти же тѣла кладутъ на чашку пружинныхъ вѣсовъ: тогда указатель покажетъ, насколько ошибочны были опредѣленія вѣса по ощущенію.

Чтобы дать возможность малосостоятельнымъ училищамъ пріобрѣтать двойные пружинные вѣсы моей конструкціи, механикъ Hans Fries (München, Augustenstrasse, 109[11]) предлагаетъ ихъ за возможно низкую цѣну, а именно—за 25 марокъ (но безъ принадлежностей, т. е. безъ призмъ, тѣлъ неправильной формы и безъ пикнометровъ). Это очень низкая цѣна; если принять во вниманіе, что при домашнемъ изготовленіи (только съ нѣкоторой помощью столяра и сле-

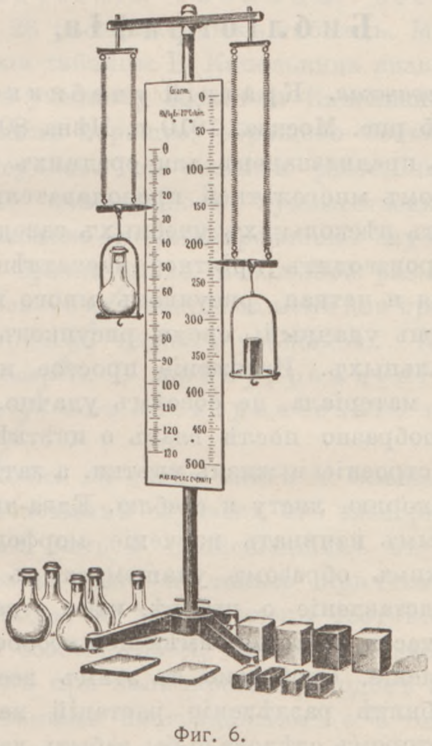
---

[1]) На низшей ступени можно слѣдующимъ образомъ показать зависимость между объемомъ тѣла и потерей части его вѣса при погруженіи этого тѣла въ жидкость: алюминіевая призма размѣромъ $2 \times 2 \times 5$ см.^{3} вѣситъ въ воздухѣ въ круглыхъ числахъ 50 граммъ, а послѣ погруженія въ воду указатель показываетъ 30 грм., слѣдовательно, потеря равна 20 грм. Свинцовая призма такого же объема при погруженіи въ воду то-же потеряетъ 20 грм. Привязавши свинцовую призму въ 20 см.^{3} къ деревянной въ 100 см.^{3}, мы получимъ при погруженіи въ воду потерю въ вѣсѣ равную 120 грм. (100 грм. для дерева и 20 грм. для свинца).

[2]) Во многихъ учебникахъ и русскихъ, и нѣмецкихъ встрѣчается нѣкоторое смѣшеніе понятій, когда рѣчь идетъ объ удѣльномъ вѣсѣ и плотности. Удѣльный вѣсъ есть частный случай вѣса вообще для тѣлъ опредѣленнаго объема, поэтому удѣльный вѣсъ долженъ быть именованнымъ числомъ, тогда какъ плотность должна выражаться числомъ отвлеченнымъ.

саря), не считая времени, потраченнаго на работу, приборъ будетъ стоитъ отъ 4 до 5 рублей.

Механикъ Max Kohl въ Хемницѣ тоже изготовляетъ вѣсы моей конструкціи со всѣми принадлежностями, какъ показываетъ фиг. 6-я, причемъ весь приборъ сдѣланъ изъ металла. Цѣна его со всѣми принадлежностями 90 марокъ [1]). Въ приборѣ Макса Коля есть кромѣ того еще одно существенное улучшеніе: на перекладинѣ, къ которой прикрѣпляются бруски съ пружинами *a* (на фиг. 1), онъ сдѣлалъ приспособленіе, позволяющее переставлять верхній брусокъ такъ,



Фиг. 6.

чтобы при отсутствіи нагрузки указатель показывалъ на *0* при первоначальномъ положеніи шкалы.

Московская фирма Е. С. Трындина С-вей изготовляетъ вѣсы моей конструкціи изъ металла со всѣми принадлежностями за 45 руб., а безъ принадлежностей за 26 руб.

[1]) На фиг. 6-й по ошибкѣ чертежника вмѣсто двухъ тѣлъ неправильной формы изображены двѣ какія-то пластинки правильной формы.

Вѣсы изъ дерева и металла со всѣми принадлежностями за 37 рубл., а безъ принадлежностей за 18 рубл.

Отдѣльно принадлежности фирма Е. С. Трындина С-вей предлагаетъ:

5 призмъ металлическихъ $20 \times 20 \times 50$ мм. по 2 руб. штуку; 4 деревянныхъ призмы $50 \times 50 \times 40$ мм. по 75 коп.

6 пикнометровъ въ 100 см.^{3} по 75 коп. и отъ 4 до 6 тѣлъ неправильной формы по 30 коп. за штуку.

С.-Петербургъ.

Библіографія.

5. *М. Сперанская.* Краткій учебникъ ботаники. 187 стр. съ 225 рис. Москва. 1910 г. Цѣна 80 коп.

Учебникъ предназначенъ для среднихъ школъ и является результатомъ многолѣтней преподавательской дѣятельности автора въ нѣсколькихъ учебныхъ заведеніяхъ. Внѣшность книги производитъ пріятное впечатлѣніе: печать довольно крупная и четкая, рисунковъ много и подборъ ихъ въ общемъ очень удачный; среди рисунковъ значительное число оригинальныхъ. Изложеніе простое и понятное, но распредѣленіе матеріала не совсѣмъ удачно. Такъ, напр., едва-ли цѣлесообразно послѣ главъ о цвѣткѣ, плода и сѣмени излагать строеніе и жизнь клѣтки, а затѣмъ опять возвращаться къ корню, листу и стеблю. Едва-ли также можно считать удачнымъ начинать изученіе морфологіи растеній съ цвѣтка. Такимъ образомъ учащемуся съ самаго начала внушается представленіе о цвѣткѣ, какъ о какой-то совершенно особой части растенія, имѣющей особое морфологическое происхожденіе. Сообразно съ этимъ все еще удерживается въ учебникѣ раздѣленіе растеній на цвѣтковыя и споровыя, о которомъ слѣдовало-бы забыть даже и въ средней школѣ.

Свѣдѣнія изъ физіологіи растеній, сопровождающія изложеніе морфологіи, въ значительной степени способствуютъ возбужденію въ учащихся интереса къ предмету, тѣмъ болѣе, что эти свѣдѣнія сообщаются въ простой и удобопонятной формѣ.

Необходимо замѣтить, что въ общемъ ясное и научное изложеніе нарушается кое-гдѣ такого рода объясненіями автора, которыя значительно приближаются къ области фантазіи; такъ, напр., авторъ увѣряетъ, что въ нѣкоторыхъ цвѣткахъ (львинаго зѣва) „имѣются сидѣнья для насѣкомыхъ, какъ будто приноровленныя по размѣру и формѣ для особенно цѣнныхъ гостей“ (стр. 17), или же что „новая пыльца даетъ цвѣтку новые соки“ (стр. 17) и т. п. Такія неудачныя мѣста, къ счастью, немногочисленны и не вредятъ общему характеру изложенія. *К. Пуріевичъ.*

6. Ботаническія таблицы, составленныя *В. Капелькинымъ.* 26 раскрашенныхъ таблицъ. Москва.

Ботаническія таблицы В. Капелькина являются какъ-бы дополненіемъ къ учебнику ботаники Капелькина и Флерова. Выполненіе таблицъ хорошее; обращено большое вниманіе на сходство рисунковъ съ живыми растеніями, такъ что таблицы больше напоминаютъ художественные рисунки, чѣмъ всегда нѣсколько схематизированные научные рисунки. Къ сожалѣнію, сравнительно небольшой размѣръ таблицъ (60×45 сант.) дѣлаетъ ихъ непригодными для преподаванія въ классахъ съ большимъ числомъ учащихся. *К. Пуріевичъ*

7. А. В. Ольшвангъ. О предупрежденіи несчастныхъ случаевъ отъ электрическаго тока. 1912 г. Цѣна 75 коп.

Въ появившейся на дняхъ книгѣ А. Ольшванга описанъ цѣлый рядъ несчастныхъ случаевъ отъ электрическаго тока какъ за границей, такъ и происшедшихъ въ Москвѣ, причемъ указана всякій разъ не только причина несчастнаго случая и его исходъ, но и приложены соотвѣтственныя рисунки. Имѣются особыя главы, касающіяся наставленій при тушеніи пожаровъ при наличности проводовъ подъ токомъ, подачи первой помощи пострадавшимъ отъ тока и главы о нормахъ безопасности и правилахъ эксплоатаціи. Какъ на недосмотръ, можемъ указать на приведенныя цифровыя величины сопротивленія частей человѣческаго тѣла: величины эти приведены въ омахъ, но не указано ни размѣровъ электродовъ, ни разстоянія между ними. Взятое изъ иностранной жизни — не приспособлено къ русскимъ нравамъ; такъ напр. при описаніи помощи пострадавшему находимъ слѣ-

дующій совѣтъ: „прежде чѣмъ приступить къ искусственному дыханію, слѣдуетъ убѣдиться, нѣтъ-ли во рту пострадавшаго жевательнаго табаку“. Во всякомъ случаѣ книга эта представляетъ большой интересъ не только для электротехниковъ, но и для широкой публики. *О. Страусъ.*

8. *В. А. Бородовскій.* Поглощеніе бэта-лучей радія. Въ книгѣ В. А. Бородовскаго излагается обстоятельное экспериментальное изслѣдованіе автора о поглощеніи β-лучей радія растворами и жидкостями. Какъ извѣстно, β-лучи представляютъ собой свободные электроны.

Вопросомъ объ ихъ поглощеніи въ твердыхъ тѣлахъ и газахъ занимались многіе ученые. Зато очень мало извѣстно было о поглощеніи электроновъ жидкостями.

В. А. Бородовскій поставилъ своею цѣлью восполнить этотъ пробѣлъ. Прежде всего онъ обратилъ особое вниманіе на тщательное приготовленіе равномѣрныхъ слоевъ испытуемыхъ жидкостей, и благодаря этому полученные имъ результаты хорошо согласуются между собой. Измѣрительнымъ приборомъ ему служилъ небольшой электроскопъ съ золотыми листочками. β-лучи препарата радія, пройдя сквозь ячейку съ жидкостью, проникали внутрь электроскопа и іонизовали въ немъ воздухъ. Скорость потери заряда золотыми листочками давала мѣру іонизаціи. Послѣдняя была тѣмъ меньше, чѣмъ большему поглощенію подвергались лучи.

На основаніи предварительныхъ опытовъ была введена поправка на вліяніе γ-лучей. Поглощеніе выражалось въ толщинахъ слоя алюминія: каждый разъ опредѣлялась толщина слоя алюминія, который производилъ такое-же поглощеніе, какъ испытуемый слой жидкости.

Главнѣйшіе выводы автора слѣдующіе: 1) поглощеніе β-лучей пропорціонально массѣ поглощающей матеріи; 2) поглощеніе, производимое растворенными солями, пропорціонально ихъ вѣсу, если вычесть поглощеніе, зависящее отъ растворителя; 3) сложныя тѣла поглощаютъ β-лучи согласно аддитивному закону: молекулярное поглощеніе равно суммѣ атомныхъ (за исключеніемъ водорода); 4) поглощеніе не зависитъ отъ расположенія атомовъ въ молекулахъ.

Работа В. А. Бородовскаго выполнена въ знаменитыхъ лабораторіяхъ Томсона и Рудзерфорда. Въ этихъ лабораторіяхъ было удѣлено много вниманія въ послѣднее время вліянію матеріи на движущіяся чрезъ нее наэлектризованныя излученія, а именно α- и β-лучи. Къ этому кругу интересныхъ изслѣдованій принадлежитъ разсматриваемый нами трудъ: онъ представляетъ цѣнный и тщательно обработанный экспериментальный матеріалъ. *Ч. Бялобржескій.*

Кіевъ.